



# **UNIVERSIDAD DE COLIMA**

## **POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS**

### **COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE DE CERDO PARA ABASTO, EN RELACIÓN AL GEN DEL SÍNDROME DE ESTRÉS PORCINO**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS

**P R E S E N T A E L:**  
M. en C. GERARDO SALAZAR GUTIERREZ

**DIRECTOR**  
Ph. D. DANIEL A. F. VILLAGOMEZ ZAVALA

**ASESOR**  
DR. FERNANDO A. LÓPEZ-DELLAMARY TORAL

TECOMAN, COLIMA, MEXICO

ENERO DE 2006



# **UNIVERSIDAD DE COLIMA**

## **POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS**

### **COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE DE CERDO PARA ABASTO, EN RELACIÓN AL GEN DEL SÍNDROME DE ESTRÉS PORCINO**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS

**P R E S E N T A E L:**  
**M. C. GERARDO SALAZAR GUTIERREZ**

**C O M I T É T U T O R I A L**  
**DR. CARLOS E. IZQUIERDO ESPINAL**  
**DRA. MARIA DEL ROCIO FLORES BELLO**  
**DR. AGUSTÍN RAMÍREZ ALVAREZ**  
**DR. EFRAIN PEREZ TORRES**

**TECOMAN, COLIMA, MEXICO**

**ENERO DE 2006**

## **D E D I C A T O R I A S**

De nuevo, a mis pequeñas lanzas, Edgar Gerardo y Pepito†, por el coraje de aferrarse a esta vida desde su llegada a este mundo, como presintiendo que hay una misión que cumplir y terminarla antes del retorno, gracias por eso, y también para ti Bety, independientemente de toda esta vida tan contradictoria pero, que han significado un buen motor para mantenerme en movimiento y alerta sobre el futuro.

A mis papas Daniel y Maria, como una muestra de que su pasar por este mundo no ha sido estéril, un hijo, y lo mas probable quizá no muy buen hijo pero, con muchísimas ilusiones y pasión por vivir y aprender, que entiende el valor de la correspondencia y la retribución

A mis hermanos, Paz Angélica, Maria Luisa, Francisco Daniel y Daniel, que son el material que dios puso en participación a mis papas y con quienes buena parte de mi vida se ha llenado y recargado de pilas para seguir caminando hacia adelante en este mundo de retos constantes.

A mis cuñadas Mary Cruz y Lupita, y cuñado Saturnino así como a todos mis sobrinos, los que están ya y los que vendrán, que son el fruto que dios ha querido que adornen estas ramas que alegran y hacen saborear la vida cotidiana en familia.

A mis amigos y compañeros de trabajo, y porque no, también de parrandas, y que han contribuido a mantener fresca y deliciosa la emoción de vivir a pesar de los tiempos.

**Y BUENO,**

*Hoy parece que se cierra un capítulo en mi caminar  
Pero también entiendo que esto es una forma de reempezar  
Y, contigo Señor el camino será más fácil.  
Señor ayúdame a decir la verdad delante de los fuertes  
Y a no mentir para ganarme el aplauso de los débiles  
Si me das fortuna, no me quites la felicidad  
Si me das fuerza, no me quites la razón  
Si me das éxito, no me quites la humildad  
Si me das humildad, no me quites la dignidad  
Ayúdame a ver siempre el otro lado de la medalla  
No me dejes inculpar de traición a los demás por no pensar como yo  
Enséñame a querer a las personas como a mi mismo,  
Y a juzgarme como a los demás  
No me dejes caer en el orgullo si triunfo,  
Ni en la desesperación si fracaso  
Más bien, recuérdame que el fracaso  
Es la experiencia que precede al triunfo  
Enséñame a entender que perdonar es lo más grande del fuerte  
Y que la venganza es la señal más primitiva del débil  
Si me quitas fortuna, déjame la esperanza  
Si me quitas el éxito, déjame la fuerza para triunfar del fracaso  
Si yo fallara a la gente, dame valor para disculparme  
Si la gente fallara conmigo, dame valor para perdonar  
Y Señor, si yo me olvido de ti, por favor Tú no te olvides de mi.*

(Anónimo)

## A G R A D E C I M I E N T O S

A mi director de tesis Dr. Daniel A. F. Villagómez Zavala por su confianza y por su ayuda para lograr la terminación de este trabajo.

Al Dr. Fernando A. López-Dellamary por la orientación y las facilidades para realizar el trabajo de análisis de las muestras de carne en el departamento de Química del Instituto de Madera Celulosa y papel del CUCEI de la Universidad de Guadalajara.

Al IQA Ernesto Núñez, al MVZ Adrián Mejía y a la IQA Leticia Maya, por su ayuda en el trabajo de análisis químico de las muestras.

Al CONACYT por la oportunidad de integrarme a su staff de becarios y poder cursar esta etapa de mi formación

Al INIFAP por ser el soporte principal en mi desempeño profesional.

A mis sinodales y revisores, Dra. Rocío Flores Bello, Dr. Carlos E. Izquierdo Espinal, Dr. Agustín Ramírez Álvarez y Dr. Efraín Pérez Torres, por su aportación y ejemplo como profesionales en el medio.

Y a todas aquellas personas que hicieron posible que yo llegara a este punto de mi formación profesional



UNIVERSIDAD DE COLIMA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**MC. GERARDO SALAZAR GUTIÉRREZ**

EGRESADO DE DOCTORADO EN

CIENCIAS PECUARIAS

P R E S E N T E.

Con fundamento en el dictamen emitido por el jurado revisor del comité tutorial en Ciencias Pecuarias de esta Facultad a mi cargo, de su Trabajo de Tesis de Doctorado y en virtud de que efectuó las correcciones y acató las sugerencias que le habían indicado los integrantes del mismo, se les autoriza la impresión de la tesis "**Composición química de la carne de cerdo para abasto, en relación al gen del síndrome de estrés porcino**", misma que ha sido dirigida por el Dr. Daniel Villagómez Zavala.

Este documento reunió todas las características apropiadas como requisito parcial para obtener el grado de Doctorado en Ciencias Pecuarias y fue revisado en cuanto a forma y contenido por los C.C. Dr. Carlos E. Izquierdo Espinal, Dra. María del Rocío Flores Bello, Dr. Agustín Ramírez Álvarez, Dr. Daniel Villagómez Zavala y el Dr. Efraín Pérez Torres, Profesores-Investigadores del PICP de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.



ATENTAMENTE  
ESTUDIA \* LUCHA \* TRABAJA  
Tecomán, Col., 17 de enero de 2006

FACULTAD DE MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**MVZ. MARIO ALBERTO HERNÁNDEZ OCHOA**  
DIRECTOR

c.c.p. EXPEDIENTE ACADÉMICO DEL ALUMNO.-

c.c.p. EXPEDIENTE CORRESPONDIENTE.-

c.c.p. ARCHIVO.-

MAHO/Mireya\*

Kilómetro 40, autopista Colima-Manzanillo; Tecomán, Colima, México, C.P. 28100  
Tel. 01 (313) 322 94 07, Ext. 52301, Ext. Fax 52302

# INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. LA CARNE DE CERDO	3
2.1.1. Aspectos tecnológicos	3
2.1.2. Aspectos químicos	4
2.2. COMPOSICION DE LA CARNE	5
2.2.1. Músculo cárnico	5
2.2.2. Fibra muscular estriada	6
2.2.3. Composición del músculo estriado	7
2.3. PROTEINAS	7
2.3.1. Clasificación de las proteínas cárnicas	7
2.3.2. Miosina	8
2.3.3. Actina	10
2.3.4. Proteínas C y M	10
2.3.5. Proteínas reguladoras	11
2.3.6. Mioglobina	11
2.3.7. Colágeno	12
2.4. LÍPIDOS Y ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE	14
2.4.1. Ácidos grasos	14
2.4.2. Ácidos grasos saturados (AGS)	15
2.4.3. Ácidos grasos no saturados	15
2.5. CALIDAD TECNOLÓGICA DE LA CARNE	18
2.5.1. Propiedades funcionales de las proteínas en la maduración de la carne	19
2.5.2. Acidez	20
2.5.3. Color y firmeza	20
2.5.4. Capacidad de retención de agua	21
2.5.5. Cambios postmortem	23
2.5.6. Otras condiciones del tejido	25
2.6. PRINCIPALES ALTERACIONES DE LA CARNE	25

2.7. EL GEN HALOTANO Y LA CALIDAD DE LA CARNE EN PORCINOS	26
3. HIPOTESIS	32
4. OBJETIVOS	33
4.1. GENERAL	33
4.2. PARTICULARES	33
5. MATERIAL Y MÉTODOS	34
5.1. AISLAMIENTO DE DNA GENOMICO PARA ANALISIS DE PCR	35
5.2. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL (AQP)	35
5.3. ANALISIS DE PROTEINAS SARCOPLASMICAS	35
5.3.1. Mioglobina y Metamioglobina	36
5.4. ANALISIS DE PROTEINAS DEL COLAGENO	36
5.4.1. Determinación de L(-) Hidroxiprolina contenida en carne y productos de carne	36
5.5. ANALISIS DE PERFILES DE ACIDOS GRASOS	36
5.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	36
6. RESULTADOS	38
7. DISCUSIÓN	49
8. CONCLUSIONES	65
9. LITERATURA CITADA	66
11. ANEXOS	85

## ÍNDICE DE CUADROS

No.	Título del cuadro	Pág.
1	Ácidos Grasos Saturados	15
2	Proporción relativa de tipos de ácidos grasos y otros lípidos en diferentes productos cárnicos <sup>1</sup>	17
3	Composición de Lípidos en músculo cárnico de diferentes especies	18
4	Frecuencia de genotipos para el gen de la Susceptibilidad al Estrés Porcino en cerdos para abasto del estado de Jalisco.	38
5	Análisis Químico Proximal (%) de carne de cerdo (músculo <i>longissimus dorsi</i> ), con respecto al gen del halotano (Base Seca).	40
6	Contenido de Mioglobina y Metamioglobina de carne de cerdo (músculo <i>longissimus dorsi</i> ), con respecto al gen del halotano.	41
7	Contenido de hidroxiprolina en base húmeda y seca (%), de carne de cerdo (músculo <i>longissimus dorsi</i> ), con respecto al gen del halotano.	41
8	Perfiles de Ácidos Grasos (%) de carne de cerdo (músculo <i>longissimus dorsi</i> ) con respecto al gen del Halotano.	42
9	Comparación de ácidos grasos (%) en carne de cerdo (músculo Longissimus dorsi) con respecto a su grado de insaturación entre genotipos y sexos con respecto al gen del halotano.	43
10	Coefficientes de correlación para hembras en el análisis químico proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal NN	43
11	Coefficientes de correlación para hembras en el análisis químico proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal Nn	44
12	Coefficientes de correlación para los datos de machos en el análisis químico proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal NN	45
13	Coefficientes de correlación para los datos de machos en el análisis químico proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal Nn	45
14	Ecuaciones de regresión para el Análisis Químico Proximal	46
15	Ecuaciones de regresión para mioglobina, metamioglobina e hidroxiprolina	47
16	Ecuaciones de regresión para ácidos grasos saturados en carne de cerdo	47
17	Ecuaciones de regresión para ácidos grasos insaturados en carne de cerdo	48
18	Ecuaciones de regresión para el conjunto de ácidos grasos saturados e insaturados	48



## IX. GLOSARIO

Ácidos grasos	Expresión simplificada de los lípidos
Actina	Proteína muscular que participa en la contracción muscular
AGMIS	Ácidos grasos Monoinsaturados
AGS	Ácidos grasos saturados
Aminoácidos	Expresión simplificada del contenido de las proteínas
Análisis PCR	Análisis de la Reacción en Cadena de la Polimerasa
Ante-mortem	Dícese del periodo inmediatamente antes del sacrificio en un animal
AQP	Análisis Químico Proximal
ATP	Trifosfato de Adenosina que forma parte del combustible de la célula muscular producto de la degradación del glucógeno
Calidad de la carne	Concepto utilizado para la evaluación de la carne considerando atributos objetivos y subjetivos
Canal de cerdo	Cuerpo del cerdo sacrificado humanitariamente, desangrado sin pelo, piel y vísceras, con cuero y extremidades, abierto a lo largo en la línea media sin médula espinal, separada la cabeza del cuerpo unida por la articulación occípito-atloidea, y con la cabeza unida por los tejidos blandos del cuerpo.
Capacidad de retención de líquidos	Referido a la característica de los tejidos para retener líquidos
Carne de cerdo	Producto comestible del cerdo derivado del proceso de sacrificio y despiece que es clasificado para consumo
Carne PSE	Defecto que se presenta en el Tejido cárnico referido a Pálido Suave y Exudativo
CNA	Consumo Nacional Aparente
Coefficiente de correlación	Grado de relación entre dos o mas variables de respuesta
Colágeno	Proteína del tejido conectivo, considerada como no muscular
Color de la carne	Pigmentación del tejido cárnico (rojizo)
Composición en ácidos grasos	Perfil de ácidos presentes en una muestra de alimento analizada
Composición Química	Referencia a los elementos químicos presentes en la carne
Conformación corporal	Apariencia física referida al cuerpo de un animal
Consumo per cápita	Consumo promedio por habitante en una población dada
Contenido de Agua	Referido a la cantidad de agua presente en la carne
CRC	Calcium Release Channel (porción designada para la sensibilidad al gen del estrés)
Creatina y Creatinina	Compuestos nitrogenados no proteicos que permiten conocer el contenido de carne en embutidos y conservas
Cromosoma	Elemento que existe en el núcleo de las células que contiene la información genética
Diámetro de la chuleta	Área de ojo de Chuleta
Días a mercado	Días que tarda un cerdo desde el nacimiento a su venta a rastro

DNA genómico	Porción del cromosoma que se aísla para la identificación de la sensibilidad al gen del estrés
ELN	Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos)
Enzimas glucolíticas	Conjunto enzimático que participan en la degradación del glucógeno
FAO	Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación
Fibra muscular estriada	Unidad diferenciada del tejido muscular
Fosfocreatina	Fosfato de alta energía perteneciente al grupo de las fosfoguanidinas
Frecuencia del genotipo	Veces en las que se manifiesta la presencia del genotipo
Halotano	Halotano en los individuos de una población porcina determinada
Ganancia diaria de peso	Referido a la medición sobre el Incremento diario de peso
Gen Halotano	Gen responsable de la susceptibilidad al estrés en porcinos
Genética	Área del conocimiento científico relacionada al estudio de los aspectos hereditarios
Genotipo	Referencia de identificación racial en una población
Glucógeno	Fuente energética primaria presente en el músculo
Granos	Ingredientes alimenticios derivados de los cereales, generalmente para aporte energético
Grasa de la carne	Porción de tejido graso presente en la carne
Grasa dorsal	Porción de tejido graso, localizado en la parte dorsal del cerdo, medida generalmente a nivel de la 11ª y 12ª costilla
Grasa interna	Tejido graso localizado en la cavidad abdominal
Grasa intermuscular	Tejido graso localizado entre las masas musculares
Grasa subcutánea	Tejido graso localizado debajo de la piel
Hidroxiprolina	Principal aminoácido del colágeno
HP	Hipertermia maligna
Landrace Belga	Raza porcina de elevado rendimiento magro, considerada en sus inicios como el segundo prototipo de la presencia del Gen del Estrés en porcinos
Líneas genéticas porcinas	Termino genérico para referirse a grupos raciales en porcicultura
Lípidos	Nombre genérico para los compuestos de origen graso
Lomo	Referido al músculo <i>longissimus dorsi</i>
Marmoleo	Termino genérico para evaluar la cantidad de grasa de manera visual en el músculo <i>longissimus dorsi</i>
Miofibrilla	Conjunto de líneas musculares paralelas que forman la fibra muscular
Mioglobina	Proteína sarcoplásmica responsable del color en la carne
Miosina	Proteína muscular que participa en la contracción muscular
Músculo blanco	Músculo con poca irrigación sanguínea, con poco contenido de mitocondrias y mioglobina
Músculo cárnico	Elemento compuesto por la masa muscular que es factible de procesarse para constituir la carne

Músculos del jamón	Masas musculares localizadas en el área de la pierna del cerdo
Músculo longissimus dorsi	Músculo del lomo
Músculo rojo	Músculo con abundante irrigación sanguínea, rico en mitocondrias y mioglobina
Nutrición	Área del conocimiento relacionado al mejor aprovechamiento y utilización de los nutrimentos presentes en los alimentos
Palatabilidad	Característica de un alimento para ser degustado
Pastas de oleaginosas	Ingredientes alimenticios, generalmente para aporte proteico
Pie de cría	Animales cuyo fin es la reproducción controlada de un hato
Pietrain	Raza porcina de excelente rendimiento magro, considerada en sus inicios como el principal prototipo de la presencia del Gen del Estrés en porcinos
Porcicultura	Actividad productiva correspondiente a la explotación de cerdos en el sector primario
Pork World	Sistema Internacional de Estadísticas Porcinas
Post-mortem	Dícese del periodo inmediatamente después del sacrificio en un animal
Procedimientos GLM	Procedimientos estadísticos para referirse a los Modelos Lineales Generales
Proteínas	Materia albuminoide presente en la carne compuesto por una cadena de aminoácidos
Proteínas cárnicas	Materia albuminoide que constituye la carne
Proteínas C y M	Proteínas consideradas como parte de la miosina que ayudan a mantener estables y bien ordenados los polipéptidos de la fracción de la cola de esta proteína
Proteínas insolubles o del estroma	Proteínas de bajo valor biológico, su elemento característico es el colágeno, no contienen lisina ni triptofano
Proteínas solubles en sol diluida (sarcoplásmicas)	Participan importantemente en la coloración del tejido cárnico. La mas importante es la mioglobina
Proteínas solubles en sol salina (miofibrilares)	Responsables de la conversión de energía química en mecánica (actina, miosina y proteína M)
PV	Peso Vivo
Rastro TIF	Establecimiento de sacrificio de animales Tipo Inspección Federal
Relación agua-proteína	Parámetro indicativo de la carne que se mantiene constante
Rendimiento magro	Rendimiento corporal de un cerdo considerando exclusivamente masas musculares
RYR1	Ryanodine Receptor (porción designada para la sensibilidad al gen del estrés)
Sarcolema	Membrana excitable eléctricamente que rodea a la fibra muscular estriada
Sarcoplasma	Fluido intracelular de la célula muscular
SEIJAL	Sistema Estatal de Información Jalisco
SEP	Síndrome de Estrés Porcino
SIACON	Sistema de Información Agropecuaria y de Consulta
SNIIM	Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados

Tejido adiposo	Tejido compuesto por los adipositos, que forman la grasa corporal
Tejido conectivo	Tejido diferenciado cuya función es mantener unidos otros tejidos del cuerpo
Tejido óseo	Tejido compuesto por los osteocitos, que forman los huesos
Tejido muscular	Tejido compuesto por los miositos, que forman los músculos
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
Tropomiosina	Proteína similar a la miosina en su composición, se encuentra generalmente unida a la Troponina, no contiene triptofano ni prolina
Troponina	Importante proteína que participa en la relajación-contracción
URPJ	Unión Ganadera Regional de Porcicultores de Jalisco
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos

## RESUMEN

### Composición química de la carne de cerdo para abasto, en relación al gen del síndrome de estrés porcino

Salazar Gutiérrez Gerardo; Villagómez Zavala Daniel AF; Izquierdo Espinal; Maria del Rocío Flores Bello; Ramírez Álvarez Agustín y Pérez Torres Efraín

Para determinar diferencias relevantes en cuanto a la composición química y la calidad de la carne de cerdo en relación al gen del estrés porcino, considerando sus genotipos NN, Nn y nn, se monitorearon 319 cerdos de diferentes regiones del estado de Jalisco, identificándose mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), no portadores o resistentes (NN), portadores (Nn) y positivos (nn), considerando diferencias también entre sexos. Se tomaron muestras de carne, del músculo gran dorsal (*longissimus dorsi*) a nivel de la 10ª costilla para análisis de composición química de la carne: análisis químico proximal (AQP); materia seca (MS); proteína cruda (PC); grasa cruda (GC); cenizas (C) y extracto libre de nitrógeno (ELN). Análisis de proteínas sarcoplásmicas: mioglobina (MG), metamioglobina (MTMG); análisis de proteínas del colágeno; [L(-) Hidroxiprolina (HP)], y análisis de perfiles de ácidos grasos (PAG). La información fue analizada mediante los procedimientos GLM para datos desbalanceados del paquete estadístico de SAS. Como resultado del análisis de la información los animales homocigotos (nn) fueron descartados dado su bajo porcentaje de frecuencia en las muestras analizadas. El contenido de MS y PC fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en los portadores (Nn) con respecto de los no portadores (NN). La GC fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en los machos portadores Nn, con respecto a las hembras Nn y los machos NN. En caso del ácido esteárico, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), siendo éstas mayores en los machos Nn, con respecto de los demás sexos y genotipos. En el caso del mirístico se observaron también diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para los machos Nn con respecto de los demás sexos y genotipos. Para el ácido araquidónico, también se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para los machos Nn, con respecto a los demás sexos y genotipos, siendo en este caso los valores mayores para las hembras Nn y los sexos del genotipo NN. Para las variables en donde se encontró significancia estadística, en los genotipos NN y Nn, se construyeron ecuaciones de regresión: para MS;  $Y = 27.22 - 1.58(X) - 0.02(X^2)$ ;  $r^2 = .36$  e  $Y = 27.22 - 0.78(X) - 0.02(X^2)$ ;  $r^2 = .36$  respectivamente. Para PC;  $Y = 22.75 - 1.44(X) - 0.15(X^2)$ ;  $r^2 = .26$  e  $Y = 22.75 - 0.78(X) - 0.15(X^2)$ ;  $r^2 = .26$  respectivamente. Para GC  $Y = 1.85 - 1.08(X) - 0.05(X^2)$ ;  $r^2 = .18$  e  $Y = 1.85 - 0.73(X) - 0.05(X^2)$ ;  $r^2 = .18$  respectivamente. En el caso de HP, se observa una tendencia cuadrática para ambos genotipos siendo también bajo el valor de  $r^2$ . En el perfil de ácidos grasos, la tendencia fue lineal, siendo positiva para mirístico,  $Y = 3.36 + 0.075(X)$ ;  $r^2 = .054$  e  $Y = 3.36 + 2.45(X)$ ;  $r^2 = .054$ ; linoléico,  $Y = 2.05 + 10.15(X)$ ;  $r^2 = .060$  e  $Y = 2.05 + 7.62(X)$ ;  $r^2 = .060$  y araquidónico,  $Y = 1.36 + 0.81(X)$ ;  $r^2 = .040$  e  $Y = 1.36 + 0.55(X)$ ;  $r^2 = .040$ . La tendencia fue lineal negativa para el caso de palmítico,  $Y = 25.88 - 8.9(X)$ ;  $r^2 = .095$  e  $Y = 25.88 - 10.71(X)$ ;  $r^2 = .095$ ; esteárico,  $9.08 - 1.76(X)$ ;  $r^2 = .070$  e  $Y = 9.08 + 3.9(X)$ ;  $r^2 = .070$  y total de ácidos grasos,  $Y = 81.76 - 3.0(X)$ ;  $r^2 = .066$  e  $Y = 81.76 - 9.94(X)$ ;  $r^2 = .066$ . De este trabajo se concluye que, sí existen diferencias significativas entre animales portadores y no portadores del Gen del estrés porcino, encontrándose principalmente en el contenido de

MS, PC, y GC en el AQP. De igual forma en el caso del PAG, las diferencias principales se observan principalmente en el contenido de ácidos grasos saturados (palmítico, esteárico y araquidónico), y en el caso de los no saturados, las diferencias solo son numéricas, por lo que es necesario considerar en futuros trabajos la interacción entre el factor genético (gen del estrés porcino) con nutrición, manejo al embarque/transporte, y periodos antemortem y postmortem.

Palabras clave: Carne, cerdo, Síndrome, Gen, estrés

## ABSTRACT

### Chemical composition of supplies pork meat, on relation porcine syndrome stress gene

To determine outstanding differences as for chemical composition and quality of pork meat with relationship to porcine stress gene, considering its genotypes NN, Nn and nn, 319 pigs from different regions on Jalisco state were monitored being identified by means of Polymerase Chain Reaction (PCR), non carrier animals or resistant animals (NN), carrier animals (Nn) and positive animals (nn), considering differences between sex. Meat samples were taken from dorsal great muscle (*longissimus dorsi*) at level of 10th rib to analyze chemical composition of meat: proximal chemical analysis (PCA); dry matter (DM), crude protein (CP), crude fat (RF), ashes (A) and free extract of nitrogen (FEN); sarcoplasmic protein analysis (SPA), myoglobin (MG), methamyoglobin (MTMG); collagen protein analysis; [L(-) hydroxiprolin (HP)] and fatty acid profile analysis (FAPA). The information was analyzed by GLM procedures for unbalanced data of the statistical package of SAS. As result from the information analysis the nn were not taken, given their frequency in analyzed samples. The content of MS and PC was significantly bigger ( $P < 0.05$ ) on carrier animals (Nn) with respect to non carrier animals (NN). The GC was significantly bigger ( $P < 0.05$ ) on carrier males Nn, with respect to females Nn and NN. In case of stearic acid, shows significant differences ( $P < 0.05$ ), being these on males Nn, with respect to females Nn and NN. In case of miristic acid significant differences on males Nn with respect to the others sex and genotypes were observed ( $P < 0.05$ ). For arachidonic acid, also significant differences on males Nn were observed ( $P < 0.05$ ), with respect to the others sex and genotypes, being in this case the great values bigger for females Nn than the rest of sex and genotype NN. For variables where statistical significance was found, on genotypes NN and Nn, equation of regression were built: To DM;  $Y = 27.22 - 1.58(X) - 0.02(X)$ ;  $r^2 = .36$  &  $Y = 27.22 - 0.78(X) - 0.02(X)$ ;  $r^2 = .36$  respectively. To RP;  $Y = 22.75 - 1.44(X) - 0.15(X)$ ;  $r = .26$  &  $Y = 22.75 - 0.78(X) - 0.15(X)$ ;  $r = .26$  respectively. To RF;  $Y = 1.85 - 1.08(X) - 0.05(X)$ ;  $r = .18$  &  $Y = 1.85 - 0.73(X) - 0.05(X)$ ;  $r = .18$  respectively. In case of HP, a quadratic tendency can be observed for both genotypes being also under the value of  $r$ . On the profile of fat acids, the tendency was lineal, being positive for miristic.  $Y = 3.36 + 0.075(X)$ ;  $r = .054$  &  $Y = 3.36 + 2.45(X)$ ;  $r = .054$ ; linoleic;  $Y = 2.05 + 10.15(X)$ ;  $r = .060$  &  $Y = 2.05 + 7.62(X)$ ;  $r = .060$  and arachidonic;  $Y = 1.36 + 0.18(X)$ ;  $r = .040$  &  $Y = 1.36 + 0.55(X)$ ;  $r = .040$ . The tendency was lineal being negative for palmitic.  $Y = 25.88 - 8.9(X)$ ;  $r = .095$  &  $Y = 25.88 - 10.71(X)$ ;  $r = .095$ ; stearic;  $Y = 9.08 - 1.76(X)$ ;  $r = .070$  &  $Y = 9.08 + 3.9(X)$ ;  $r = .070$  and total of fat acids,  $Y = 81.76 - 3.0(X)$ ;  $r = .066$  &  $Y = 81.76 - 9.94(X)$ ;  $r = .066$ . From this study it's concludes that, significant differences do exist between carrier animals and non carrier animals of porcine stress gene, being found principally in the content of DM, CP, CF and PCA. In equal form in case of FAPA the major difference observe were the content of saturated fatty acids (palmitic, stearic and arachidonic), and in case of unsaturated, the difference are just numerical, so that, it's necessary to consider the interaction among genetic factor (porcine gene stress) with nutrition, transportation performance, and antemortem and postmortem periods.

Key Words: Meat, Swine, Syndrome, Gene, Stress

## 1. INTRODUCCION:

Es sabido que la carne de cerdo es un producto de demanda dinámica a nivel mundial. El comercio internacional de productos derivados del cerdo se ha incrementado significativamente en los últimos años. Como resultado de acuerdos comerciales bilaterales y multilaterales, incremento en el ingreso, innovaciones tecnológicas en el transporte y prolongación de la vida de anaquel, las exportaciones mundiales de productos porcinos mostraron una tasa media de crecimiento anual de 5% durante el periodo 1991-1998. Derivado de esta situación, los cambios que enfrenta el país en materia económica, hacen necesario que en todas las áreas productivas se mejore la calidad y la productividad mediante estímulos a los productores más eficientes, de manera que la industria porcina nacional pueda ser competitiva con la extranjera (Sagarnaga, 1999).

En Mexico, la actividad porcicola ha evolucionado de manera muy dinámica en los últimos 7 años, debido a la entrada en vigor en el año 2003 del Tratado de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá, por lo que las posibilidades de participar en mercados exteriores permiten una mejor opción para las empresas productoras, pero al mismo tiempo se crea la demanda de animales de mejor calidad para poder competir en dichos mercados.

Paradójicamente en términos de calidad, se hace muy complicado poder llevar a cabo un debate sobre el concepto en la calidad de la carne de cerdo debido a dos factores. En primer lugar, hay diferentes componentes dentro de la calidad, muchos de los cuales no están claramente definidos y es difícil medirlos de forma objetiva. Además, la genética y la nutrición son, de entre una multitud de factores, únicamente dos, muchos de los cuales están fuera de control de los productores, estos factores afectan la calidad final de la carne de cerdo y en varias situaciones sus efectos en relación con otros factores, son mínimos. Sin embargo, ambas, la genética y la nutrición, pueden tener una influencia significativa tanto positiva como negativa en la calidad de la carne de cerdo, y el primer paso para desarrollar programas de producción para optimizar la calidad es entender estos impactos (IMNC, 2003).

Uno de los principales defectos de la calidad de la carne en el porcino según varios estudios publicados (Oliver *et al.* 1993; Gispert *et al.* 2000), es la incidencia de carne PSE. Para minimizar o eliminar la calidad no deseada, los productores de porcino deben seleccionar sus líneas genéticas para producir cerdos para el mercado con la calidad deseada. En este sentido



hay que tener presente el efecto del gen halotano y el tratamiento *ante-mortem* de los animales.

El gen del halotano tiene influencia negativa sobre varias características de calidad de carne, entre éstas sobre el color y el exudado del músculo de forma que las canales que proceden de animales halotano positivos o portadores tienen una carne más pálida y exudativa que la carne que procede de animales halotano negativos. Sin embargo se creía que el gen tenía un efecto positivo sobre la calidad de la canal (Oliver *et al.*, 1993), aunque resultados más recientes no indicarían lo mismo (García-Macías *et al.*, 1996; Moelich *et al.*, 2003).

Los efectos genéticos sobre la calidad de la carne han sido analizados y revisados en varios estudios (Sellier y Monin, 1994; Hermesch, 1997; deVries *et al.*, 1999; Asa *et al.*, 2003), de tal forma que se podría decir, que la predisposición genética al síndrome del estrés porcino (PSS) depende en gran parte, pero no totalmente, de la presencia del *gen del halotano* (HAL) y del *gen Rendement Napole* (RN), por lo que, considerando los procedimientos en el presente trabajo, solo fue analizado en particular el factor de la presencia del gen del estrés porcino, como uno de los primeros abordajes para dilucidar los efectos de este gen sobre algunos indicadores de la calidad de la carne en porcinos del estado de Jalisco.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. LA CARNE DE CERDO**

#### **2.1.1. Aspectos tecnológicos**

Desde su domesticación por el hombre hasta la primera mitad del siglo XX, una de las principales funciones del cerdo a nivel mundial, fue la producción de grasa (manteca) a partir de alimentos vegetales; sin embargo, el objetivo actual de la porcicultura tecnificada, es el de maximizar la eficiencia de producción del cerdo para que exprese su mayor respuesta y poder obtener animales más magros con menor contenido de grasa, y en menos días al mercado. Esto originó en un principio, el desarrollo de razas especializadas en la producción de carne, y más recientemente la aparición de líneas genéticamente mejoradas para la obtención de canales magras (Mariscal, 1994; López – Bote, 1998; Benito et al., 2000; Murray et al., 2001).

En países desarrollados, los sistemas de clasificación basados en predicción del rendimiento magro, se vienen aplicando desde hace varios años. Esta predicción de magro se ha desarrollado a partir de estudios de las relaciones de mediciones de grasa dorsal y superficie o diámetro de la chuleta, con una producción de tejido magro medida a través de disección (Madrazo,1998; Diestre, 1990; Grisdale et al., 1984; Johnson et al., 1990; Orcut et al., 1990; Rook and Ellis, 1987; Cuarón et al., 1992; Mejía et al., 1997; SECOFI: NMX-2003; Fisher et al., 2003).

Sin embargo, las predicciones basadas en el rendimiento magro, requieren estudios muy costosos, ya que para el proceso de disección del tejido magro, se requiere de personal muy entrenado y de mucho tiempo para trabajar una canal (aproximadamente 6 hr.), sugiriéndose el estudio de las relaciones del rendimiento de cortes como el más adecuado para sistemas de evaluación (Madrazo, 1998; Sánchez, 2000; Galindo, 2000; Mireles 2003).

De manera general las canales se obtienen de animales abatidos a los 100 Kg. de peso, y durante este periodo (nacimiento a los 100 Kg.), el peso vivo (PV) aumenta entre 65 y 75 veces, el peso del tejido óseo unas 30 veces, el tejido muscular alrededor de unas 81 veces, y el tejido adiposos más de 600 veces (Desmoulin, 1986). Por su parte Shields et al. (1983), reportaron que del nacimiento a los 106 Kg. de PV, el peso de la canal se incrementó 90 veces. Sin embargo, el tejido adiposo no se desarrolla de manera uniforme, pudiéndolo clasificar

según su localización y contribución relativa a la conformación del animal a los 105 Kg. de PV. La grasa subcutánea representa aproximadamente 62% del total del tejido adiposo y 20% del PV. La grasa intermuscular asociada al tejido conjuntivo, que separa los planos musculares, contribuye con alrededor del 30% del tejido adiposo y 10% del PV. La grasa interna recubre el tejido perirenal en la cavidad abdominal y corresponde aproximadamente el 8% del total del tejido adiposo y 2.5% del PV. Y la grasa muscular, la cual representa alrededor del 2% del tejido muscular, lo que hace que la carne de cerdo sea más magra que la de bovino y ovino (Desmoulin, 1986; Mariscal, 1994; Fisher et al., 2003).

La calidad de la carne de cerdo, está determinada por un conjunto de factores muy diversos, entre los cuales cabe mencionar la conformación corporal del cerdo, que refiere el rendimiento en canal, y las características de la carne y grasa producidas, expresadas en su consistencia, color, olor y sabor. Debido a que no siempre coinciden todos los factores en un mismo animal, es importante la valoración de todos y cada uno de ellos a fin de apreciar debidamente la calidad de la canal (Abascal, 1998).

### **2.1.2. Aspectos Químicos**

La composición química promedio del cuerpo del cerdo, ha sido estudiada por varios autores (Shields et. al., 1983; Lister et al., 1983; Just, 1984; Desmoulin, 1986; Abascal, 1998) y ésta varía en forma discontinua con el tiempo. Se ha reportado que las reservas lipídicas al nacimiento son casi inexistentes (1-2%), y que la deposición de grasa se convierte en la parte principal de la ganancia diaria de peso a partir de los 50 Kg. de peso vivo, llegando a representar 45% del mismo a los 100 Kg. Las proteínas representan 11-12% del peso al nacimiento y 15 a 16% a los 100 Kg. La eficacia en la deposición de tejido magro disminuye a partir de los 60-70 Kg. Finalmente el contenido de agua varía en relación inversa a la de los depósitos grasos ( Mariscal, 1994; Benito et al., 2000; Juncher et al., 2001).

El tipo de fibra muscular juega un posible papel en la incidencia de carnes anómalas. Los diferentes tipos de fibras musculares I (roja-contracción lenta-oxidativa) y II (contracción rápida - que a la vez se pueden subdividir en IIa, IIb, IIc) presentan diferente comportamiento en el metabolismo del glucógeno debido a la diferente composición de sus sistemas enzimáticos. La presencia de fibras de tipo I (contracción lenta y metabolismo aeróbico) o tipo IIa (contracción rápida aeróbica con alto contenido en glucógeno y ritmo de resíntesis rápido) son beneficiosas para una buena caída de pH y óptimo color rojizo de la carne. Las fibras de

tipo IIb (contracción rápida anaeróbica, bajo contenido en glucógeno y resíntesis lenta) resultan en una falta de glucógeno muscular. El contenido relativo de cada tipo de fibras en porcino (tipo I:IIa:IIb - 8:8:84 en músculo *longissimus dorsi*) en comparación a bovino (50:40:10 en el mismo músculo) predispone a la carne de cerdo a una mayor incidencia de PSE y DFD (Barton-Grade, 1997).

## **2.2. COMPOSICIÓN DE LA CARNE**

### **2.2.1. Músculo cárnico**

El músculo constituye un tejido alta y específicamente organizado, tanto morfológica como bioquímicamente, cuyo destino es producir energía química para convertirla en movimiento mecánico y trabajo.

Los músculos se pueden clasificar atendiendo al color y al tipo de inervación. Aunque al nacer parece que sólo existe un tipo de músculo, en el adulto, según el color, se distinguen dos tipos de músculo:

- Músculo rojo: rico en mitocondrias y mioglobina, con metabolismo aerobio, oxidativo y que participa en el ciclo de Krebs. Tiene abundante irrigación sanguínea.
- Músculo blanco: con poco contenido en mitocondrias y mioglobina, y metabolismo anaerobio mediante glicólisis anaerobia. Tiene poco riego sanguíneo (Rodwell, tomado de Harper, 2003).

Los músculos blancos (W, por sus siglas en inglés white) son generalmente de contracción rápida ( $\alpha$ ) y los músculos rojos (R) pueden ser de contracción rápida ( $\alpha$ ) o de contracción lenta ( $\beta$ ). Los músculos de contracción lenta queman en presencia de oxígeno, los ácidos grasos aportados por la sangre, además de los glúcidos. Estos músculos de contracción lenta están, por lo general, bien irrigados, al contrario de los de contracción rápida, que suelen estar pobremente irrigados, tener poca mioglobina y contar con la energía procedente de la degradación rápida y anaerobia de los azúcares.

En definitiva, en un animal adulto se encuentran tres tipos de músculos:

- Músculo rojo de contracción lenta:  $\beta$ R, generalmente de pequeño diámetro.
- Músculo rojo de contracción rápida:  $\alpha$ R, de diámetro mayor que el anterior.

- Músculo blanco de contracción rápida:  $\alpha$ W, de gran diámetro (Rodwell et al., tomado de Harper, 2003).

En algunos animales (pollo, ternero, cordero, lechón, etc.) los tejidos fetales sólo cuentan hasta el nacimiento con músculos rojo, primero  $\beta$  y posteriormente  $\beta$ R, y  $\alpha$ R. A medida que transcurre la vida postnatal, las fibras  $\beta$ R se mantienen como tales, pero las  $\alpha$ R pueden permanecer así o transformarse reversiblemente en  $\alpha$ R, dependiendo de la actividad física. Aún no se conocen totalmente los factores que influyen en esta diferenciación, pero está claro el papel que juega la actividad motriz y el tipo de inervación. Así, por ejemplo, se sabe que en el hombre, el entrenamiento de los corredores de fondo, favorece el predominio de fibras rojas adaptadas al esfuerzo continuado, gracias a su buen aporte de oxígeno, mientras que en los corredores de velocidad se está favoreciendo el desarrollo de fibras blancas, de contracción rápida, capaces de aportar grandes cantidades de energía en cortos períodos de tiempo, producto de glicólisis intensa (Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003).

### **2.2.2. Fibra muscular estriada**

Los músculos estriados constan de fibras musculares, que constituyen la unidad diferenciada del tejido muscular, y que pueden alcanzar hasta 30 cm de longitud. Estas fibras están rodeadas por una membrana excitable eléctricamente denominada sarcolema. Mediante el sarcolema, las fibras musculares se unen o conectan al tejido conectivo, a través del cual el músculo ejerce su tracción. Una fibra, a su vez, está formada por muchas miofibrillas paralelas, cada una de un diámetro de 1  $\mu$ m aproximadamente. Las miofibrillas (polinucleadas, con ribosomas, complejos de Golgi, mitocondrias y lisosomas) están sumergidas en el sarcoplasma, que es el fluido intracelular. El sarcoplasma contiene glucógeno, ATP, fosfocreatina y enzimas glucolíticas. Todo ello constituye el combustible con el que el músculo opera. Además, se encuentran muchas mitocondrias regularmente espaciadas, sobre todo en los músculos más activos (Rodwell, 2003, tomado de Harper 2003). Durante la contracción el músculo se acorta hasta un tercio de su longitud debido a que los filamentos gruesos y finos se deslizan sobre otros, sin variar su longitud pero aumentando el solapamiento (Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003; Alasnier and Gandemer, 2000).

### **2.2.3. Composición del músculo estriado.**

Si se analiza la composición del músculo estriado en las principales especies productoras de carne se comprueba que la mayor proporción corresponde al agua.

La relación agua/proteína se mantiene bastante constante y es un parámetro indicativo de la calidad de la carne. Las grasas varían mucho según la procedencia del músculo, siendo más abundantes en porcinos.

Entre las materias nitrogenadas no proteicas están la creatina y creatinina, cuya proporción en carne es también bastante constante y constituyen parámetros de calidad que permiten conocer el contenido en carne de embutidos y conservas (Andres et al., 2001).

## **2.3. PROTEÍNAS**

Las proteínas son polímeros de aminoácidos que se unen entre sí por enlaces peptídicos (aminas). Cada especie animal e incluso cada tejido tiene sus propias proteínas características, la mayor parte de las cuales son materias constitutivas de los tejidos blandos del organismo, y otras desempeñan su misión actuando como enzimas, que catalizan todos los procesos bioquímicos. Una pequeñísima fracción tiene acción hormonal e inmunológica (Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003).

### **2.3.1. Clasificación de las proteínas cárnicas**

Las proteínas constituyen el componente mayoritario de la materia seca del músculo estriado. Existen numerosas clasificaciones de las proteínas. Por ejemplo, atendiendo a su forma, las proteínas cárnicas se clasifican en globulares y fibrosas. También se pueden clasificar según su localización en el músculo. Así tenemos:

- Proteínas extracelulares: que están fuera del sarcolema: colágeno, elastina.
- Proteínas intracelulares o sarcoplastóricas que incluyen mioglobina y enzimas glucolíticas.
- Proteínas miofibrilares: forman el sistema contráctil
- Proteínas reguladoras.

Otra clasificación interesante de las proteínas del músculo es aquella que las divide de acuerdo a su solubilidad en:

- Sarcoplásmicas: solubles en agua, están disueltas en el líquido que empapa la fibra muscular (sarcoplasma); funcionalmente son enzimas.
- Miofibrilares: funcionalmente miosina, actina, las de la línea M. Comprenden aproximadamente el 50 ó 60 % de todas las proteínas cárnicas. Son insolubles en agua, pero solubles en soluciones salinas 1 molares.
- Conectivas: totalmente insolubles en agua y en soluciones salinas. Son colágeno y elastina y forman las membranas musculares: epimisio, perimisio, y endomisio.

Pero quizá, hoy, la clasificación más aceptada es la que atiende simultáneamente a la solubilidad y localización de las proteínas cárnicas. Así tenemos.

- Proteínas insolubles o del estroma: siendo la más importante el colágeno. Son insolubles en medio neutro y por sus características en contenido de aminoácidos no tienen ni triptófano ni lisina, siendo pues, de bajo valor biológico. El colágeno cuando se calienta a 60°C se transforma presentando problemas, ya que provoca una exudación y pérdida de textura. Con calentamiento superior a 60°C se transforma en gelatina, de fácil digestión pero que continúa siendo de bajo valor biológico.
- Proteínas solubles en solución salina concentrada: miofibrilares (actina, miosina, proteína M) son las más abundantes y responsables de la conversión de energía química en mecánica y de la textura de la carne y las más importantes según sus propiedades fundamentales.
- Proteínas solubles en solución diluida: sarcoplásmicas. Desde el punto de vista tecnológico la más importante es la mioglobina formada por una globina y una porfirina,; el grupo hemo que lleva un átomo de hierro. El color de la carne depende en gran medida del estado de oxidación del hierro de este grupo hemo. Durante el curado, estas proteínas sufren oxidaciones que dan lugar a aromas y sabores típicos (Price y Schweigert, 1994; Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003).

### **2.3.2. Miosina**

La miosina es una proteína grande con un peso molecular aproximado de 500,000 que se ha estudiado muy bien al microscopio electrónico y con digestión de tripsina y papaína

(Rodwell, 2003, tomado de Harper 2003).

Está formada por dos cadenas proteicas enrolladas entre sí, que presentan hacia una de sus extremidades varias zonas de  $\alpha$ -hélice y hacia la otra varios grupos sulfidrilos (-SH), que constituyen la parte más voluminosa de la molécula y la más activa, ya que es la que se relaciona con la actina y la que posee actividad ATPasa. Un filamento de miosina mide alrededor de 10nm de diámetro y 1.5  $\mu$ m de longitud. Está constituido por un haz de grupos de veinte moléculas desplazados unos con relación a otros 6 nm, de forma tal que sus extremidades voluminosas forman proyecciones o “dedos” dispuestos en espiral en torno al haz. La miosina puede ser escindida enzimáticamente en fragmentos que retienen algunas actividades de la molécula intacta. Tratada con tripsina rinde dos moléculas: meromiosina ligera (LMM) y meromiosina pesada (HMM). Con digestión con papaína la HMM produce dos fracciones S1 (cabeza) y S2 (fracción de la cola).

La meromiosina ligera (LMM), al igual que la miosina, forman filamentos, carece de actividad ATPasa y no se combina con la actina. Las micrografías electrónicas muestran que la LMM es un bastoncillo  $\alpha$  helicoidal de doble filamento con longitud de 850 Å y responsable de la alta viscosidad de las soluciones LMM.

La meromiosina pesada (HMM) tiene gran actividad adenosintrifosfatásica, es decir, rompe fácilmente la molécula de ATP transformando energía química en mecánica, permitiendo la contracción muscular, y se liga a la actina, pero no forma filamentos.

La miosina, por la fracción de cabeza (S1), se une a los filamentos delgados de actina (otra proteína muscular), formando el complejo actomiosina durante la contracción muscular. Cada fragmento de S1 contiene un centro activo para la unión con la actina y un centro activo de actividad ATPasa. En presencia de ATP el complejo actomiosina se rompe, formando actina libre y miosina – ATP. A continuación el ATP unido a la miosina es hidrolizado, dejando a la miosina en forma de miosina –ADP\_Pi, que tiene alta afinidad por la actina, y está preparada para iniciar de nuevo el ciclo de unión a la actina.

La miosina es la proteína del músculo que mayor capacidad de retención de agua, emulsión y gelificación, tiene propiedades funcionales importantes en tecnología de alimentos.

La miosina tiene gran cantidad de aminoácidos aspártico, glutámico y lisina, que son



fácilmente ionizables y confieren cargas eléctricas a la proteína que justifican las anteriores propiedades. Carece de cistina y triptófano. (Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003).

Los filamentos delgados están formados principalmente por moléculas de actina (500-600 monómeros), que presentan dos formas: globular (actina G), con un peso molecular aproximado de 50.000, que se polimeriza favorecida por la  $\beta$  actinina y forma la actina F, o fibrosa, con un peso molecular aproximado de 14.000.000 Daltons.

### **2.3.3. Actina**

La actina tiene poca afinidad por el complejo miosina-ATP, y acelera la liceración del ADP del complejo ADP-Pi-actomiosina.

De una forma objetiva el ciclo se inicia cuando las proyecciones o dedos oscilantes de la cabeza de la miosina se enganchan en los puntos activos de los filamentos de actina, tiran de ellos una cierta distancia (10nm, aproximadamente), los sueltan, vuelven a su posición inicial, se enganchan en otro punto de filamento de actina, les tiran de nuevo de una “muesca” y así sucesivamente. Un “dedo” realiza de 50 a 100 tracciones por segundo, lo que es compatible con la velocidad de actuación ATPasa de la miosina.

La actina es portadora de una molécula de ATP que es desdoblada por la miosina, transformando la energía química en mecánica.

Tiene un valor biológico alto porque contiene triptófano y cistina. En la actina se halla un aminoácido, la 3-metil-histidina, que no se encuentra en ninguna otra proteína. Un análisis del contenido en este aminoácido nos da idea del contenido en carne de los productos cárnicos.

Recientemente se ha descubierto la L-actina, que favorece la polimerización de la G-actina y su transformación, por lo tanto, en F-actina. (Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003).

### **2.3.4. Proteínas C y M**

La proteína C se descubrió como impureza en las preparaciones de miosina y se cree que ayuda a mantener estables y bien ordenados los polipéptidos de la fracción de la cola de la miosina.

Destaca su elevado contenido en aminoácido prolina que da la forma envolvente de la proteína

C.

La proteína M, cuyo peso molecular es aproximadamente 160.000, esta formada por dos fracciones: filamentos paralelos a la molécula de miosina y filamentos perpendiculares a la misma. Se cree que ayudan a mantener- la estabilidad del filamento grueso (Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003).

### **2.3.5. Proteínas reguladoras**

La tropomiosina, cuya composición en aminoácidos es similar a la miosina, se coloca en los surcos que forman al enrollarse las dos F-actinas, estabilizando el filamento delgado. La tropomiosina se encuentra generalmente unida a la troponina formando la tropomiosina activa. Destaca su ausencia de prolina y triptófano.

La troponina es importante en la relajación-contracción muscular. Está formada por tres fracciones, la troponina T, la troponina C (secuestrante de iones calcio) y la troponina I.

Cuando se inicia la contracción se libera una cantidad importante de iones calcio que son atrapados por la troponina C, que aumenta su afección por las otras dos fracciones de troponina, dejando libre la actina para formar complejo con la miosina.

Los filamentos delgados se unen entre si por uniones tetragonales que forman la Línea Z. La Línea Z es responsable de la integridad de la miofibrilia. La desnina, cuya existencia constituye uno de los últimos descubrimientos, forma una red protectora de la Línea Z, contribuyendo a la integridad de la misma. (Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003).

### **2.3.6. Mioglobina**

La mioglobina es la principal responsable del color de la carne; consiste de una proteína compuesta por unos 150 aminoácidos, la globina y un grupo prostético HEMO que tiene un átomo de hierro, y un anillo de porfirina. La porfirina consta de cuatro grupos pirrólicos, unidos por puentes metilos.

La mioglobina se presenta en tres formas diferentes:

- Mioglobina-Fe<sup>2+</sup>: color rojo púrpura.

- Mioglobina oxigenada-Fe<sup>2+</sup>: color rojo brillante.
- Mioglobina oxigenada-Fe<sup>3+</sup>: color pardo. (Metamioglobina).

En la carne están presentes las tres formas. La mioglobina Fe<sup>2+</sup> es el almacén de oxígeno en el músculo, y su contenido en el músculo en un momento dado depende de sus necesidades. La mioglobina de ballena es la más estudiada y abundante (porque pueden permanecer en agua sumergidas durante tiempos largos) y llama la atención que no tenga cisteína. Los aminoácidos más abundantes son lisina e isoleucina.

La mioglobina se caracteriza porque su espectro presenta una banda de absorción, con un máximo a 555 nm, en la zona verde del visible y es de color púrpura. En la metamioglobina el pico principal se desplaza a 505 nm en la zona azul final del espectro y a 627 nm aparece un pico menor en el rojo, que visualmente aparece como marrón..

En las carnes frescas los tres pigmentos coexisten, se intercambian constantemente. Así, la mioglobina púrpura, en presencia de oxígeno, se puede oxigenar a oxihemoglobina (pigmento rojo brillante, que produce el familiar frescor de las carnes) o a metamioglobina (que comunica el color marrón, menos deseado).

A elevadas presiones de oxígeno la mioglobina pasa a oximioglobina, que queda estabilizada por formación de una estructura de alta resonancia, y mientras el HEMO permanezca oxigenado no se producen cambios nuevos de color, Sin embargo, el oxígeno se une y desune continuamente al complejo HEMO, proceso que aceleran numerosos factores, tales como las bajas presiones de oxígeno. Cuando sucede esto, el pigmento reducido se oxida a metamioglobina. En la carne fresca la producción de sustancias reductoras naturales provoca la reacción continua de metamioglobina o mioglobina siempre que exista oxígeno. (Rodwell, 2003, tomado de Harper, 2003). (Anexo)

### **2.3.7. Colágeno**

Por microscopía electrónica, rayos X, etc., se ha comprobado que la unidad fundamental del colágeno, el tropocolágeno, está formado por tres cadenas polipeptídicas en hélice, unidas por enlaces muy fuertes que aumentan con la edad del animal, de ahí que sea una proteína difícilmente atacable por enzimas digestivas y, por lo tanto, no deseable en productos cárnicos. Al calentarse se transforma en gelatina de bajo valor biológico.

El colágeno contiene un 30% de glicina y un 35% de prolina e hidroxiprolina. Cuanto más abundan estos aminoácidos, más rígido y resistente es el colágeno.

La hélice de tropocolágeno, de unos 280 nm de longitud y 1.5 nm de diámetro, presenta en uno de sus extremos grupos ionizados que favorecen la formación de enlaces.

Las moléculas de tropocolágeno se asocian entre sí formando fibrillas. Para ello se orientan todas en el mismo sentido y dislocadas 64 nm la una con relación a otra, lo que explica la estructura cristalina del colágeno, así como la rigidez y resistencia que ofrece a la masticación.

El colágeno es la proteína más abundante de los mamíferos. Sólo en los músculos forma el epimisio, endomisio y perimisio.

Existen cinco tipos diferentes de colágeno:

- Colágeno I: (90% del total) forma el epimisio y perimisio.
- Colágeno II: En el músculo
- Colágeno III: Perimisio y en menor proporción en endomisio.
- Colágeno IV: Mayor proporción en endomisio.
- Colágeno V: El menos estudiado.

Se diferencian en la secuencia de aminoácidos. El contenido en colágeno, su composición y estructura dependen del tipo de animal, edad, sexo (mayor en machos), período de crecimiento, deficiencia de vitaminas, etc.

En los productos cárnicos cocidos la forma en que se encuentra el colágeno depende del tratamiento de calor.

Curiosamente en la raza de cerdos Pietrain, que tiene muchísimo más colágeno que la Large White, se ha tomado la concentración de colágeno como base (entre otros parámetros) de selección genética.

Por su parte la castración tiene como efecto la disminución del contenido de colágeno (mejora la calidad del producto terminado).

La edad no influye tanto en el contenido como en la calidad (debido a que aumenta el número de enlaces), provocando una textura mucho más dura. La avitaminosis C provoca una disminución del colágeno y las vitaminas A y D no influyen sobre la síntesis del colágeno.

Para determinar la cantidad de colágeno se evalúa su aminoácido característico, la hidroxiprolina, por métodos colorimétricos, y se multiplica por un coeficiente (8,0) de conversión.

En cuanto a las propiedades funcionales, es la proteína de peores cualidades. No sólo tiene baja capacidad de retención de agua, sino que además al calentarse se encoje dejando escapar el agua, lo que exige que los productos cárnicos sigan una tecnología determinada. En cuanto a su capacidad de emulsión es nula.

Algunos autores indican que el colágeno triturado y en forma de polvo fino, puede incrementar su capacidad de retención de agua.

Una variedad del colágeno, la gelatina, se obtiene por calentamiento a temperaturas superiores a 60°C del colágeno. Carece de triptófano y cisteína, pero es de fácil digestión y se empezó a preparar como alimento en el siglo IXX, para los ejércitos de Napoleón por su fácil obtención a partir del colágeno

Hoy se obtiene vía ácida y básica, que pasan un sistema ordenado e insoluble, que es el colágeno, a otro desordenado y “soluble”, que es la gelatina. (López y Carballo, 1991; CARNETEC, 2003).

## **2.4. LÍPIDOS Y ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE:**

Los lípidos son un grupo heterogéneo de compuestos emparentados, real o potencialmente, con los ácidos grasos. Tienen la propiedad común de ser: (1) relativamente insolubles en agua, y (2) solubles en los solventes no polares como el éter, el cloroformo y el benceno. Así, los lípidos incluyen grasas, aceites, ceras y compuestos relacionados. (USDA, 2002; Freda, 2001; Mayes, 2003, tomado de Harper, 2003)

### **2.4.1. Ácidos Grasos**

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos alifáticos obtenidos principalmente por la hidrólisis

de grasas y aceites naturales. Los que existen en las grasas naturales generalmente contienen un número par de átomos de carbono (porque son sintetizados a partir de unidades de 2 carbonos) y son de cadena lineal. La cadena puede ser saturada (es decir, sin dobles ligaduras) o no saturada (con una o más dobles ligaduras). La mayoría de los ácidos grasos (No. de carbonos:No. de dobles ligaduras), en la carne, incluyen: ácidos grasos saturados (AGS), como el Mirístico (14:0), Palmítico (16:0) y Esteárico (18:0); ácidos grasos monoinstaurados (AGMIS) como el Palmitoléico (16:1) y Oleico (18:1); y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIS) como el Linoléico (18:2), Linolénico (18:3) y Araquidónico (20:4). (Mayes, 2003, tomado de Harper, 2003)

#### 2.4.2. Ácidos Grasos Saturados (AGS)

Los ácidos grasos saturados teóricamente se pueden considerar como provenientes del ácido acético. Ejemplos ácidos de esta serie se muestran en el cuadro 8.

Se sabe que existen otros miembros de este con mayor número de átomos de carbono, en especial en las ceras. También se han aislado algunos grasos de cadena ramificada de fuentes vegetales y animales.

**Cuadro No. 1 Ácidos Grasos Saturados**

Nombre común	No. de átomos de Carbono	Función metabólica y localización en la naturaleza
Mirístico	14	Nuez moscada, almendra de palma aceites de coco y mirto.
Palmítico	16	Comunes en todas las grasas animales y vegetales.
Esteárico	18	
Araquídico	20	Aceite de cacahuete (Araquis)
Ácido Behénico	22	Semillas
Lignocérico	24	Cerebrósidos, aceite de cacahuete

\*Estrictamente, no es un derivado alquilo.

(Mayes, 2003, tomado de Harper, 2003)

#### 2.4.3. Ácidos Grasos No Saturados

Se pueden subdividir según el grado de insaturación en:

##### A. Ácidos monoinsaturados (monoetenoides, monoenoicos). AGMIS

**B. Ácidos poliinsaturados (polietenoides, poliénoicos).**

**C. Eicosanoides:**

**D. Otros:** Muchos otros ácidos grasos ya identificados en materiales biológicos, y se han encontrado en diversas estructuras, como grupos hidroxilo (ácido ricinoléico) o grupos cíclicos. (Mayes, 2003, tomado de Harper, 2003)

Los AGS y los AGMIS, constituyen la mayoría de los ácidos grasos de la grasa de la carne (ver Cuadro No. 2). Desafiando las referencias comunes sobre las grasas animales, como “saturadas”, menos de la mitad de todos los ácidos grasos de las carnes de animales, son saturados. En el cuadro No. 3 muestra una comparación sobre la composición de lípidos, con especial atención al perfil de ácidos grasos en carne de diferentes especies animales. Por otra parte, dado que la carne se consume cocinada, el valor de los nutrientes después de la cocción, concretamente con respecto al perfil de ácidos grasos en la carne, no se modifica con ésta. Asimismo, la cocción tiene un insignificante efecto sobre el colesterol, aunque el colesterol pueda estar concentrado debido al agua y la pérdida de grasa. Los bovinos, cerdos y corderos, son similares en el contenido de colesterol comparativamente con otros alimentos de origen animal, tales como el pollo, pavo y muchos tipos de pescados. Tres onzas cocinadas de carne de res y cerdo, contienen 73 y 72 mg de colesterol respectivamente, las cuales contienen cantidades muy similares a 3 onzas de carne de pollo rostizado (sin piel), con 76 mg de contenido de colesterol. Los productos de pescado varían ampliamente en el contenido de colesterol, de aproximadamente 17 a 140 mg/ 3 oz, cocinadas. Los factores genéticos y las prácticas alimenticias, pueden afectar la deposición total de grasa en los animales. Sin embargo, dentro de las especies, el aspecto genético, tiene muy poco efecto sobre la concentración de colesterol expresado en el perfil de ácidos grasos, aunque en el caso de cerdos, los sistemas de alimentación pueden tener un mayor efecto en el perfil de ácidos grasos mucho mayor que en el caso de rumiantes (i.e. bovinos, terneros y corderos)

**Cuadro No. 2. Proporción relativa de tipos de Ácidos Grasos y otros lípidos en diferentes productos cárnicos<sup>1</sup>**  
(% del contenido total de grasa)

<b>ESPECIE</b>	<b>Saturados</b>	<b>Monoinsaturados</b>	<b>Poliinsaturados</b>	<b>Otros Lípidos</b>
<b>Chuleta de Res cocinada</b>	38.2	42.1	3.4	16.3
<b>Chuleta de Cerdo, cocinada</b>	35.4	44.7	7.5	12.4
<b>Chuleta de Ovino, cocinada</b>	35.7	43.8	6.5	14.0
<b>Chuleta de ternera, cocinada</b>	28.0	35.7	9.0	27.3
<b>Carne de pollo, rostizada</b>	27.5	35.9	22.8	13.8
<b>Atun, ligero, conservado en agua</b>	28.5	19.4	41.1	11.0
<b>Salmon, rosa, cocinado</b>	16.2	27.1	39.2	17.5
<b><u>GRASAS PARA COCINAR</u></b>				
<b>Mantequilla</b>	62.2	28.8	3.7	5.3
<b>Aceite de Maiz</b>	12.7	24.2	58.7	4.4
<b>Aceite de Oliva</b>	13.5	73.7	8.4	4.4

<sup>1</sup>Adaptado de: USDA Composition of Foods - Raw, Processed, Prepared. USDA Human Nutrition Information Service. Series 8-4 No. FS/N-003. May, 2001.



**Cuadro No. 3. Composición de Lípidos en músculo cárnico de diferentes especies (solo carne en porción de 100gr, de carne, Cocinada)<sup>2</sup>**

<b>INDICADOR</b>	<b>RES</b>	<b>CERDO</b>	<b>CORDERO</b>	<b>TERNERA</b>	<b>AVES/ DE ENGORDA</b>
<b>Total Grasa (g)</b>	9.91	9.44	9.52	6.58	7.41
<b>Colesterol (mg)</b>	86.00	85.00	92.00	118.00	89.00
<b>ACIDOS GRASOS</b>					
<b>Grasa, total (g)</b>	3.79	3.34	3.40	1.84	2.04
<b>C10 0</b>	0.01	0.01	.02	.- -	.- -
<b>C12</b>	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02
<b>C14</b>	0.28	0.12	0.30	0.12	0.06
<b>C16</b>	2.25	2.07	1.83	1.07	1.41
<b>C18</b>	1.22	1.07	1.17	0.63	0.49
<b>Mono, total (g)</b>	4.17	4.22	4.17	2.35	2.66
<b>C16:1</b>	0.35	0.31	0.28	0.21	0.35
<b>C18:1</b>	3.80	3.78	3.86	2.11	2.22
<b>C20:1</b>	0.01	0.09	0.03	0.03	.- -
<b>Poli,total (g)</b>	0.34	0.71	0.62	0.59	1.69
<b>C18:2</b>	0.27	0.61	0.51	0.45	1.37
<b>C18:3</b>	0.03	0.02	0.06	0.03	0.07
<b>C20:4</b>	0.04	0.05	0.06	0.11	0.11
<b>ACIDOS GRASOS, % DEL TOTAL DE GRASA</b>					
<b>Saturados</b>	38.24	35.38	35.71	27.96	27.53
<b>Monoinsaturados</b>	42.08	44.70	43.80	35.71	35.90
<b>Poliinsaturados</b>	3.43	7.52	6.51	8.97	22.81

<sup>2</sup>Tomado de: USDA Composition of Foods - Raw, Processed, Prepared. USDA Human Nutrition Information Service. Series 8-5 No. FS/N-003. Enero, 2002; Complementado con Freda HC, "Factores de riesgo cardiovasculares y nutrición". Department of Nutritional Science. Oklahoma State University.

## **2.5. CALIDAD TECNOLÓGICA DE LA CARNE**

Ha habido varios intentos por definir la calidad, siendo tal vez más extenso el de Hoffman (1994), quien sugirió que la calidad de la carne puede considerarse en términos de propiedades sensoriales, factores tecnológicos, valor nutritivo e higiénico y aspectos toxicológicos o relativos a la seguridad en los alimentos. Esta revisión está enfocada a la capacidad de

retención de líquidos, un factor importante que afecta el rendimiento en el procesamiento y la rentabilidad del producto, el color de la carne de cerdo y la gustosidad (palatabilidad), factores que influyen de manera importante en la decisión del consumidor para aceptar la carne. Además se considerará la influencia de la nutrición en la calidad de la grasa (Andersen, 1999; Sánchez, 2000; Galindo, 2000; Juncher et al., 2001; Mireles 2003).

La calidad de la carne en el porcino puede definirse básicamente en relación a su color, exudado, firmeza, nivel de veteado y la composición en ácidos grasos. Todas estas características afectarán a su calidad tecnológica, es decir su calidad como materia prima y a sus características nutricionales y sensoriales.

Para determinar la calidad de la carne se utilizan, en general, el lomo y los músculos del jamón. Para predecir la calidad final de la carne no siempre es posible a través de medidas realizadas al poco tiempo después del sacrificio, ya que algunas características no están del todo expresadas. Es por eso que es necesario realizar medidas o análisis de la carne a partir de 24 horas *post-mortem*.

El tejido carnico consta básicamente de agua, proteína, grasa y glucidos, además de pequeñas cantidades de vitaminas y otros compuestos orgánicos. La calidad tecnológica de la carne esta influenciada por efectos de fondo o de base (por el tejido conjuntivo), y por efectos debidos a la actomiosina. Estos dos elementos estructurales, influyen en la dureza de la carne de maneras totalmente diferentes. El tejido conectivo, principalmente colágeno, afecta a la dureza mediante un incremento lento y dependiente de la edad, mientras que las proteínas contráctiles, influyen en la dureza por medio de un rápido acortamiento debido al incremento en el número y organización de los puentes de actomiosina tras la muerte del animal. (Hornstein and Wasserman, 1994; CARNETEC, 2003)

### **2.5.1. Propiedades funcionales de las proteínas en la maduración de la carne**

La cantidad de proteína que verdaderamente interesa es la proteína total menos la cantidad de colágeno. Es fundamental para obtener valores fiables en productos curados seguir la metodología de las normas ISO.

Las propiedades funcionales de las proteínas de la carne se deben generalmente a las proteínas miofibrilares y tienen mucha importancia tanto en la elaboración de productos cárnicos como en su calidad final. No existe ninguna proteína cárnica que reúna todas las propiedades deseadas en la medida adecuada que requiere un producto cárnico elaborado, por lo que se

mejoran o introducen estas propiedades deseables mediante tratamientos físicos, químicos o enzimáticos. Así, por ejemplo, se añaden a los productos cárnicos proteínas vegetales y muy particularmente las de soja, que, además de alto valor biológico y mejorar sus propiedades funcionales, abarata el costo de estos productos. (Price and Schweigert, 1994; CARNETEC, 2003).

### **2.5.2. Acidez (pH)**

La cantidad de  $H^+$  abajo del punto 7, con respecto de la escala del 1 al 14 es un indicador de la calidad de la carne. A pH 5, el punto isoeléctrico en la mayoría de las proteínas de la carne, no existen en ellas cargas eléctricas netas y no hay, por tanto, atracción de moléculas de proteínas entre sí.

A medida que aumenta el pH, por un lado, aumenta la carga y la atracción dipolo-dipolo, y, por otro lado, hay repulsión entre las moléculas de proteínas cargadas de igual signo, aumentando el tamaño de la zona H. Igualmente se comporta al disminuir de pH. Luego la mínima CRA coincide con el pH 5, aumentando a medida que se aleja del mismo (IMNC, 2003).

### **2.5.3. Color y firmeza**

La carne fresca de cerdo debe ser de un color rojo-rosado. Los músculos individuales son usualmente uniformes en color, pero los músculos en conjunto muchas veces varían considerablemente en color. Un color más oscuro puede resultar de: un aumento en la cantidad de pigmentos de color, debida a una edad más avanzada, o una mayor actividad fisiológica; una menor penetración de oxígeno en la superficie; deshidratación en la superficie; contaminación bacteriana; falta de acumulación de ácido láctico después del sacrificio y durante el enfriamiento de la canal. Por otro lado un color rosa pálido, casi gris puede ser el resultado de una rápida conversión de glucógeno muscular a ácido láctico, causando un rápido aumento de acidez inmediatamente después del sacrificio (Pérez y Andujar, 2000; IMNC, 2003).

Los músculos de palidez anormal, rápidamente se tornan grises en la vitrina de los centros de venta y muchas veces se encogen considerablemente resultando en pérdidas económicas durante el procesado, y dando una consistencia más seca después de cocerse. Los músculos

oscuros tendrán una vida menor en vitrina, debido que son menos ácidos y por lo tanto más aptos para el crecimiento de bacterias.

Textura muscular/condiciones de humedad: Los cinco rangos de color (utilizados en los EU) así como las claves de color correspondientes Munsell y Minolta L. Incluyen:

Rango 1.= Muy suave y húmedo. Acumulaciones de fluido aparecen en la superficie de un músculo suave, de textura abierta; esta cantidad de líquido puede rápidamente determinarse por medio de una prueba en un filtro de papel. Esta condición casi siempre va en relación a un rosa pálido, casi grisáceo, pero también es común en color rojo-rosado. El producto se encogerá excesivamente durante el proceso y tendrá poco jugo después del cocido. Una canal con un rango de 1, debe ser eliminada y no tomarse en consideración.

Rango 2.= Suave y húmeda. Este rango es similar al 1 pero no tan severo. Una canal que entra dentro de este nivel debe también ser eliminada de consideración.

Rango 3.= Un poco firme y jugosa.

Rango 4.= Firme y moderadamente seca.

Rango 5.= Muy firme y seca. Esta estructura rígida y cerrada que no exhibe ningún tipo de fluido en la superficie, es generalmente asociada con carne color oscuro o rojo-morado. (Ver Anexo No. 2)

#### **2.5.4. Capacidad de retención de agua**

Es la propiedad más estudiada en cuanto a tecnología de alimentación, y de ella dependen otras tales como color, terneza y jugosidad de los productos cárnicos. Se conoce por sus siglas como CRA. Es importante en cualquier producto cárnico, ya que determina dos importantes parámetros económicos: las pérdidas de peso en los procesos de transformación y la calidad de los productos obtenidos.

Las pérdidas de peso se producen en toda la cadena de distribución y transformación, desde el oreado hasta el cocido, y suponen pérdidas económicas que pueden alcanzar al 4-5 % del peso inicial, siendo corriente en la actualidad pérdidas del 1.5 al 2%.

La calidad de los elaborados crudos también está en relación muy estrecha con el poder de retención de agua de la carne, que condiciona su mayor o menor aceptación de la sal. Las

carnes exudativas dan productos más salados, más duros y más pálidos, que los apartan de sus caracteres normalizados, depreciándolos comercialmente. El problema existe también en los elaborados cocidos, aunque tienen menor importancia. Así pues, en jamón curado tipo español interesa que la CRA sea relativamente baja, pues durante el curado se pierde gran cantidad de agua. Por el contrario, en productos cocidos tipo jamón York interesa que la materia prima tenga una CRA bastante grande. (Chorni, 2000)

El agua del músculo se encuentra en proporción de un 70% en las proteínas miofibrilares; 20% en las sarcoplásmicas y 10% en el tejido conectivo. Para Hamm el término CRA se define como la propiedad de una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración (tratamiento térmico, extrusión, etc.). Otros autores distinguen la CRA como la capacidad de retener el agua propia y la CLA como capacidad de retener el agua añadida (capacidad de ligar agua).

Hoy no se sabe ciertamente cómo se encuentra el agua en el músculo. En estudios con Resonancia Magnética Nuclear (RMN) se ha concluido que hay un 5% imposible de separar y el 95% restante para algunos autores está muy ordenada y unida, mientras que para otros ocurre todo lo contrario.

En la década de los 70, Fennema lanzó una teoría (la más aceptada) que supone que el agua está unida al músculo de tres formas diferentes.

1.- Agua de constitución: 5% del total. Forma parte de la misma carne y no hay forma de extraerla.

2.- Agua de interfase: está unida a la interfase proteína-agua. Esta agua de interfase se subdivide en agua vecinal, más cercana a la proteína, formando dos, tres o cuatro capas, y agua multicapa, que está más alejada de las proteínas.

3.- Agua normal: que se subdivide en dos modalidades: agua ocluida, que está retenida en el músculo envuelta en las proteínas gel, y agua libre, que es la que libera cuando se somete a tratamiento térmico externo. (Chorni, 2000; NPPC, 2002)

La CRA depende de dos factores fundamentales: el tamaño de la zona H, que es el espacio donde se retiene el agua, y la existencia de moléculas que aporten cargas y permitan establecer enlaces dipolo-dipolo con las moléculas de agua.

Existen diversos condicionantes que influyen en estos factores que se describen a continuación:

### **2.5.5. Cambios post-mortem**

Después del sacrificio, la CRA se incrementa, debido a que el pH es aproximadamente de 7, y a que no ha formado el complejo de actomiosina. A medida que nos acercamos al rigor mortis, el glucógeno se transforma en ácido láctico (por glicólisis anaerobia), que baja el pH hasta el punto isoeléctrico de las proteínas, lo que implica que la CRA sea mínima. Al cesar el aporte de ATP se forma el complejo de actomiosina, disminuyendo el espacio libre. Con el tiempo hay una degradación de proteínas miofibrilares que eleva el pH.

Se suele hablar de carnes DFD y PSE. Cuando el animal se somete a stress consume el glucógeno y no hay glicosis anaerobia, por lo que las carnes se presentan secas (dry), externamente firmes (firm) y oscuras (dark): carnes DFD. Muy apreciadas por los fabricantes de productos cárnicos.

Cuando las reservas de glucógeno son muy grandes el pH baja más de lo normal, quedando una carne de color pálido (pale), blanda (soft) y exudativa (exhudative): carne PSE. Son rechazadas por los fabricantes de productos cárnicos. (IMNC, 2003).

La mayoría de las carnes se encuentran entre la DFD y PSE (Ver Anexo No. 3)

Por otro lado, las canales de los animales de carne, están formadas por tres tejidos fundamentales: muscular (que representa los tejidos nobles y mayoritarios), adiposo y óseo. El porcentaje de tejido óseo, es de escasa variabilidad. Así por ejemplo, representa de un 13 a un 18% del peso de la canal. El tejido muscular da origen a la carne, o bien acompañado parcialmente por tejido adiposo que contribuye a exaltar ciertas cualidades de la carne.

El músculo constituye un tejido alta y específicamente organizado, tanto morfológica como bioquímicamente, cuyo destino es producir energía química para convertirla en movimiento mecánico y trabajo (Abascal, 1998)

Existen primordialmente tres conceptos para evaluar la calidad de la carne de cerdo: el sabor, el valor nutritivo y la homogeneidad. La carne debe presentar un color brillante, una superficie libre de exudado, y una consistencia firme. El aspecto nutricional tiene una gran importancia. Debe aportar proteínas que contengan una combinación adecuada de aminoácidos con disponibilidad biológica, vitaminas hidrosolubles, (Tiamina), minerales (Hierro y Zinc) y lípidos de alta energía (ácidos grasos esenciales).

La calidad deseada de la carne fresca de cerdo, se define como una combinación de factores que proveen un producto comestible, nutritivo y saludable después de su proceso y almacenamiento; en condiciones de proceso debe ser atractivo en apariencia, apetitoso y palatable después del cocimiento. Además la calidad debe ser consistente. El valor nutritivo es básico para la calidad de la carne de cerdo. La carne contiene una combinación de aminoácidos esenciales en una forma biológicamente disponible; vitaminas solubles en agua, especialmente tiamina, algunos minerales, sobre todo hierro y lípidos altamente energéticos, incluyendo ácidos grasos esenciales. El hecho de que sea un producto completo, se refiere en gran medida a que sea libre de desperdicios y microorganismos no deseados. Esto tiene gran influencia para la salud del cerdo vivo y su propio saneamiento durante el proceso de producción. El ser apto para el procesado, se refiere a que el cerdo tenga una merma mínima. Esto está relacionado a la humedad del músculo. Su atractivo se determina en gran parte por el color y la apariencia estructural de ese músculo, que sea libre de fluidos en la superficie y conveniente (en tamaño del corte, cantidad de hueso, etc.), para uso como alimento. Las características de palatabilidad incluyen el sabor (gusto al paladar y aroma), la suavidad, textura y jugosidad de la carne. (Chorne, 1995; IMNC, 2003).

Características como parámetros de la calidad de la carne de cerdo

Estas características deben ser consideradas como parámetros de la calidad de la carne de cerdo:

Marmoleo. (grasa intramuscular). Es la grasa visible entre las fibras musculares. Existen cinco rangos:

1. Inexistente a casi inexistente.
2. Una que otra fibra a pocas
3. Moderada cantidad
4. Moderado a poco abundante

## 5. Moderadamente abundante a mucha.

Algunos marmoleos (rangos 2-4), son considerados deseados para proveer un producto cocido jugoso de gran sabor. El puerco sin marmoleo, puede ser menos jugoso y poco palatable. Las canales del rango uno, inexistente a casi inexistente deben ser eliminadas de consideración.

En el otro extremo, grandes cantidades de marmoleo, no vuelven en proporción la carne más palatable, y nos sugieren un exceso de calorías por grasa. Una canal que posea moderadamente abundante a mucha cantidad de marmoleo (rango 5), debe ser eliminada de consideración. (Ver anexo 4)

### **2.5.6. Otras condiciones del tejido.**

Las siguientes condiciones deben eliminar a la canal de consideración:

- a. Esteatosis (infiltración de grasa en el músculo debida a problemas tales como atrofiaciones musculares),
- b. Grasa suave y aceitosa (la grasa debe ser firme y blanca). La grasa suave, aceitosa y perceptiblemente café no es atractiva en la vitrina y es susceptible a tornarse rancia durante el procesamiento y refrigerado. (NPPC, 2002; IMNC, 2003).

### **2.6. PRINCIPALES ALTERACIONES DE LA CARNE:**

En la especie porcina, la calidad de la carne está muy influenciada por los factores genéticos y las condiciones del sacrificio de los animales. El material genético disponible ha mejorado considerablemente desde el punto de vista productivo. Las líneas utilizadas mediante cruzamientos ofrecen animales más grandes y sanos, menos engrasados, con mejor índice de conversión, con más lechones por camada y menor intervalo entre partos. A pesar de esto, diferencias cualitativas entre líneas o razas (capacidad de retención de agua de la carne y grasa) son muy evidentes.

Es bien conocido que el tratamiento de los animales antes del sacrificio y de las canales durante el periodo postmortem precoz afecta significativamente a las carnes PSE. Por lo tanto, además de los factores genéticos, no se deben olvidar estos factores ambientales que pueden provocar otros problemas de calidad de carne como son:



- \* Carnes exudativas (PSE).
- \* Carnes oscuras (DFD).
- \* Veteado de la carne.
- \* Olor sexual.
- \* Pigmentos del músculo.
- \* Carne Acida.
- \* Grasas blandas.
- \* Daños en las canales
- \* Relación humedad-proteína.

## **2.7. EL GEN HALOTANO Y LA CALIDAD DE LA CARNE EN PORCINOS.**

Es conocida la importancia del tratamiento antemortem sobre la mortalidad durante el transporte de la granja al matadero, y su influencia sobre la calidad final de la carne. Esto ha sido estudiado en algunos otros países con poblaciones porcinas, y condiciones geográficas y climáticas muy diferentes a las nuestras. Sin embargo, existen evidencias científicas que indican un claro efecto del tratamiento antemortem de los cerdos sobre las bajas durante este periodo y la calidad final de la carne (Van Putten, 1982; Von Mickwitz, 1982; Warris, 1987, Eikeleboom, 1988; Lambooi, 2000; Murray et al., 2001).

El proceso de embarque y desembarque, así como el transporte provoca rápidos y en ocasiones prolongados cambios en los niveles de metabolitos y hormonas como cortisol y tirosina, afectando el ritmo cardiaco (Spencer et al., 1984; Moss, 1984; Lambooi, 2000; Murray et al., 2001). También se observa el cuadro del Síndrome de estrés porcino, que en la mayoría de los casos conduce inevitablemente a la muerte de los animales durante este periodo.

Las bajas durante el transporte de los animales desde la granja hasta el lugar del sacrificio, se incrementan en situaciones estresantes y en animales musculados, existiendo variación entre las estaciones del año y los mataderos (Van Logtestijn, 1982; Lambooi, 2000; Murray et al., 2001) Sin embargo la reducción de las pérdidas es posible conseguir las mediante una mejora en la resistencia genética al estrés y a las mejores condiciones de tratamiento antemortem. En algunos países de Europa desde 1987, se aplica la prueba del Halotano, para medir la sensibilidad al estrés, disminuyéndose drásticamente su efecto como en el caso de la raza Landrace, pasando de un 37% a un 1% de positivos en 1987 (Eikeleboom, 1988; Fabrega et al,

2001; Fabrega et al., 2002). No obstante, la frecuencia del gen en las diferentes poblaciones, de Landrace en Europa, ha sido muy variable (Webb, 1987; Fisher et al., 2000; Gispert et al., 2000; Van Oeckel et al., 2001; Fabrega et al., 2001; Fabrega et al., 2002).

Actualmente se reconoce que el Síndrome del Estrés Porcino (SE), el Síndrome de la Hipertermia Maligna (HM) y el Síndrome de la Carne Suave, Pálida y Exudativa (PSE), comparten el mismo defecto genético subyacente: alteración en el canal de liberación de calcio (gen del receptor al Ryanodine 1) del retículo sarcoplásmico del músculo esquelético (O'Brien, 1986).

Desde que se hicieron los primeros reportes de hipertermia y muerte en cerdos en 1966-1968 por la anestesia con halotano, se ha hecho una extensa investigación tanto por el uso del cerdo como modelo para el estudio de la hipertemia humana, así como, por las grandes pérdidas económicas de la industria porcina en todo el mundo (Mitchel y Heffron, 1982.) y actualmente ya se sabe la secuencia de nucleótidos del gen responsable (Fujii *et al.*, 1991).

El gen responsable del Síndrome del Estrés Porcino es autosómico recesivo con penetrancia incompleta (Archibald y Imlah, 1985). Este alelo es producto de una mutación, al sustituirse una citosina por una timina (Fujii *et al.*, 1991). Es decir, que el alelo mutante debe estar en condición homocigota para poder expresarse ya sea como sensibilidad al halotano, hipertermia o SPE, lo que imposibilita la identificación del portador *Hal(Nn)*.

Desde 1975, se observó que el homocigoto recesivo *Hal (nn)*, no se expresaba en el 100% de los casos cuando se desafiaban con halotano (penetrancia incompleta); es decir, que algunos son no reactivos (Archibald e Imlah, 1985; Nicholas, 1982). Al comenzar la prueba del halotano en Escocia, hubo una detección adecuada en el 75% de los casos y fue debido a la inexperiencia de los operarios; en el segundo año se llegó a bajar al 2% de error. Otro factor ambiental que modifica la penetrancia del gen es la edad a la que se realiza la prueba del halotano; ya que si se realiza a las 3 semanas hay menor penetrancia que a las 9 semanas. En promedio se reporta que la penetrancia es del 89% (Ganhe y Juneja, 1985). El locus designado para la sensibilidad al halotano *Hal*, también se ha simbolizado como CRC (Calcium Release Channel) o como RYR1 (Ryanodine Receptor) (Andersson *et al.*, 1993; Echard *et al.*, 1993; Rohrer *et al.*, 1994).

Estudios realizados de ligamiento genético y de hibridación *in situ* han ubicado de manera provisional al gen *Hal* en el cromosoma 6 de la región 11 del brazo largo (q 11) a la región 12 del brazo largo (ql2) (Andersson *et al.*, 1993, Echard *et al.*, 1993). En términos de producción, al gen *Hal* se le ha asociado con la producción de un menor tamaño de camada, una menor tasa de crecimiento, canales de menor longitud, mayor área del músculo *longissimus* y mayor porcentaje de carne magra (Simpson y Webb, 1989; Sather *et al.*, 1991; Zhang *et al.*, 1992; Webb *et al.*, 1994).

Hace casi cuarenta años se descubrió que, algunos cerdos morían o presentaban hipertermia con la anestesia con el gas Halotano, 10 años después (1975) se inicia la detección rutinaria de los reactivos al halotano (Mitchel y Heffron, 1982. Archibald y Imlah, 1985, O'Brien *et al.*, 1993).

Los cerdos son desafiados a una edad de 8 a 9 semanas o cuando tienen un peso de 25 a 30 kg. Los signos que se revisan son: rigidez de los miembros, contracturas abdominales y manchas azulosas en la piel. La prueba dura 4 minutos (Houde *et al.*, 1993).

Al eliminarse los animales homocigotos en forma natural o artificial, se seguirá presentando el síndrome, ya que la frecuencia génica no baja a la velocidad que se quisiera debido a que habría un gran porcentaje de animales heterocigóticos además de la penetrancia incompleta; y, es más, no será posible eliminar el gen (Pirchner, 1983)

La prueba del halotano como tal, no detecta a los animales heterocigotos. Pero, además, la prueba no es 100% exacta, ya que no detecta algunos animales Hal (nn) debido a la penetrancia incompleta, pero también, se llega a declarar como susceptibles a algunos animales Hal (Nn) (Gahne y Juneja, 1985).

Con el desarrollo de la electroforesis en la década de los setentas se inicia un trabajo extensivo del estudio de grupos sanguíneos y proteínas plasmáticas sobre todo en Europa (Pirchner, 1983). Esto ha permitido realizar estudios de ligamiento entre grupos sanguíneos y la sensibilidad al halotano en cerdos (Archibald e Imlah, 1985, Gahne y Juneja, 1985).

La falta de exactitud de la prueba del halotano y el descubrimiento de ligamientos cercanos con algunas isoenzimas y proteínas de la sangre, estimuló el estudio a fin de que estas

proteínas fueran utilizadas como marcadores genéticos para la predicción del gen *Hal* (Archibald e Imiah, 1985, Gahne y Juneja, 1985, Glodek *et al.*, 1985). La utilización de estos marcadores genéticos podrían ser útiles como un procedimiento de preselección (Pirchner, 1983); ya que, actualmente se realiza la genotipificación exacta a través de procedimientos de Biología Molecular (O'Brien *et al.*, 1993).

En un estudio realizado en 10,000 animales de las razas Pietran, Landrace, Duroc, Large White, Hampshire y Yorkshire de Inglaterra, Estados Unidos y Canadá se encontró que la prevalencia del gen con la mutación varió 19% en Yorkshire y Large White, 35% en Landrace, 15% en Duroc, 14% en Hampshire, mientras que en el Pietran se detectó el 97%. Las frecuencias genéticas fueron menores en 35 a 70% en poblaciones canadienses comparadas con las americanas. Los cerdos ingleses fueron más afectados que los americanos. En promedio uno de cada cinco cerdos porta el gen mutante (O'Brien *et al.*, 1993). Aunque la frecuencia genética de la mutación parece que varía dependiendo de la población estudiada, estos ofrecen idea de la magnitud del problema.

En países como España, la frecuencia más alta del gen halotano se ha determinado entre 2.5 y 54% (Gispert *et al.*, 2000). Estos resultados pueden indicar que la mejora genética en base a aumentar el porcentaje de magro puede también realizarse en líneas sin el gen. Estos estudios confirman resultados obtenidos en otros ensayos realizados (Gandemer, 2002), en el sentido de que el gen halotano tiene poco efecto sobre el nivel de grasa subcutánea y sobre el magro. En el caso de México, la información sobre frecuencia es incipiente, sin embargo en el estado de Jalisco, se ha empezado a trabajar en este sentido con objeto de determinar no solo la frecuencia, sino también su influencia sobre el rendimiento magro, la calidad tecnológica y la composición química (Sánchez, 2000; Galindo, 2000; Mireles, 2003).

Por su parte, los sistemas de producción porcina en el estado de Jalisco, considerando que es la actividad más dinámica desde hace más de una década, en términos de producción pecuaria, ha estado sujeta no solo a problemas de competencia por razones de importación de carne, sino que también ha significado un punto crucial en cuanto a la calidad de carne que es ofertada a los consumidores, dado que las alteraciones de la carne en cuanto a algunos indicadores tecnológicos de ésta, no han sido identificados, ni mucho menos cuantificados, lo que conlleva a sospechar que, los productos carnicos que se consumen en Jalisco, son en

buena medida provenientes de cerdos que son portadores del Gen del estrés, y por consiguiente los derivados cárnicos, estar afectados en sus características químico-organolépticas. Por otra parte, se refuerza esta eseveracion por la creciente importación de pie de cría porcino, la cual, cuando es introducido al país no cuenta con los resultados oficiales de libre, de al menos del gen del estrés porcino, cuando es sabido que en otros países en donde se practica la detección de este gen de manera rutinaria, se están desechando animales portadores y recesivos, los cuales han sido comprados por productores mexicanos que “orgullosamente” refieren que han adquirido pie de cría porcino a muy bajo costo en otros países, principalmente de Europa, Estados Unidos y Canada, para mejorar sus hatos, y de los cuales dsafortunadamente han distribuido via semen o animales en pie entre otros productores de la region y del país.

En el caso de México, y concreamente en el estado de Jalisco, como principal productor de carne de cerdo en el país, no se conoce el grado de frecuencia de la sensibilidad al genotipo Hal (Gen del Estrés Porcino), sin embargo el problema puede ser alarmante, sobre todo si se considera que los criadores mexicanos de pie de cria han adquidirido animales de países que estan deseando animales positivos y portadores, muchas veces desconociendo la existencia de este problema, repercutiendo importantemente en la cdalidad de los productos carnicos que se expenden al consumidor. Por tanto, es muy probable que, en México la prevalencia del gen del estrés porcino en los hatos porciolas, sea similar al reportado en otros países (25%). No obstante el problema podría ser mayor, dado que el mercado internacional está aumentando la oferta de animales desechados, a bajo costo, por ser portadores del gen.

Paradójicamente la utilización de la carne de cerdo para la elaboración de diferentes productos procesados, como jamón, tocino, embutidos, etc. ha incrementado su demanda, y ha fomentado la necesidad de un producto de alta calidad. Por otra parte los consumidores han modificado sus hábitos alimenticios por productos con menor contenido de grasa. Este estudio se justifica mayormente, dado que algunos productores, vislumbraron esta problemática, y han modificado sus programas genéticos en busca de productos con menor contenido de grasa. Sin embargo, en un principio la intención de los productores era obtener animales con mayor musculatura, y menor contenido de grasa. Si bien este cambio tuvo importantes beneficios para la industria, durante el proceso de selección, la calidad de la carne sufrió un efecto negativo. Los porcicultores empacadores, comenzaron a detectar un incremento de PSE, y este síndrome pronto adquirió relevancia, debido a que la carne presenta una apariencia poco

atractiva y acortamiento importante de las fibras musculares de la carne, lo cual afecta particularmente a la industria empacadora. Esto debido a que existe una pérdida importante de líquidos, y un incremento en la cantidad de colágeno (hidroxiprolina), afectando importantemente las características organolépticas de la carne como materia prima, y por consiguiente afectando el proceso industrial de la carne por procesar productos de animales portadores del gen del estrés porcino.

Actualmente en México existen los recursos metodológicos para poder establecer medidas de control genético para la erradicación del SEP, implementar sistemas de cruzamiento controlados de animales portadores, o bien como un control de calidad del pie de cria que se importa y el que se comercializa localmente. Esto, finalmente permitirá una mejor vigilancia y preservación del germoplasma porcino productivo nacional.

### **3. HIPÓTESIS**

La presencia del gen Hal en cerdos del estado de Jalisco, sugiere diferencias en cuanto a índices de composición química y características de calidad de la carne (grasa, proteína, ácidos grasos, mioglobina, metamioglobina, hidroxiprolina, perfiles de ácidos grasos, en cerdos con diferente genotipo y de diferente sexo.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. GENERAL

Estudiar la composición química de la carne de cerdo, como indicadores de su calidad, relacionadas al genotipo de los animales con respecto al gen Hal.

### 4.2. PARTICULARES

- 4.2.1. Determinar la composición química proximal de la carne de cerdo comparativamente entre los diferentes genotipos del gen Hal.
- 4.2.2. Comparar índices de proteínas musculares (mioglobina, metamioglobina) asociadas al genotipo para el *locus* Hal.
- 4.2.3. Comparar índices de proteínas no musculares (hidroxiprolina) asociadas al genotipo para el *locus* Hal.
- 4.2.4. Determinar diferencias entre perfiles de ácidos grasos en la carne de cerdos susceptibles y no susceptibles al estrés porcino, asociadas al genotipo para el *locus* Hal.



## 5. MATERIAL Y METODOS

Considerando al inicio del trabajo una población total de 2,500,000 porcinos en el Estado de Jalisco, el tamaño de muestra total se determinó utilizando la fórmula para muestreo irrestricto (Cochram y Cohl, 1985), con un grado de confiabilidad del 95%.

El tamaño en total fue 319 muestras, ponderando una prevalencia del 25%.

Se consideraron 324 canales de cerdos sacrificados en rastro TIF, provenientes de diferentes zonas del estado de Jalisco. Las muestras de carne fueron tomadas del músculo gran dorsal (*longissimus dorsi*) a nivel de la 10ª costilla, las que inicialmente fueron pesadas, e identificadas para su almacenamiento durante 96 horas a 4 °C, para posteriormente tomar el peso final (Enfalt, 1997), y ser almacenadas en el Laboratorio de Biotecnología Animal del Rancho “COFRADIA”, del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, localizado en la Comunidad de Cofradía en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México.

Se tomaron 200 gr del músculo del músculo gran dorsal (*longissimus dorsi*), de los cuales 50 gr fueron para las determinaciones del análisis químico proximal, y 50 gr para análisis de composición química. El resto fue colocado en congelación (-20 °C). La designación de los animales para la toma de muestra de sangre y muestra de lomo, fueron mediante un submuestreo en la línea de sacrificio, utilizando una tabla de números aleatorios, considerando el 10% de animales del total por día de sacrificio.

El análisis de DNA Genómico fue resalizado en el Laboratorio de Biotecnología Animal y los Analisis Químico Proximal, de Mioglobina y Metamioglobina, proteínas del colágeno, como el análisis de Perfiles de Acidos Grasos, fueron realizados en el laboratorio del Departamento de Química del Insituto de Madera Celulosa y Papel del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara, localizado en el predio las Agujas de la comunidad de Nextipac, del Municipio de Zapopan, Jalisco, México

### **5.1. AISLAMIENTO DE DNA GENOMICO PARA ANALISIS DE PCR**

El DNA genómico fue obtenido a partir de muestras de sangre completa, siguiendo protocolos estandar. La muestra de sangre (5ml) se tomo con tubos vacutainer, conteniendo EDTA. Ya en el laboratorio, 100 µl de sangre, fueron tratados con 900 µl de Buffer A (sacarosa, 0.32 M; Tris HCl 10 mM;  $MgCl_2$  5 mM; Triton X – 100,1%), hasta lograr un boton celular blanco. Posteriormente se incubo la muestra por una hora a 50 °C, en una solución de Proteinasa K (8 mg/ml) en Buffer D (KCl, 50 mM; Tris HCl, 10 mM;  $MgCl_2$ , 2.5 mM; NP<sub>40</sub>, 0.455 tween 20, 0.45%). Se inactivó la enzima incubando la muestra a 90 °C durante 10 minutos. De acuerdo a los datos de secuencia del DNA para el gen del Halotano (O'Brien, 1993), se seleccionaron dos indicadores (RYRF: 5'-GTG CTG GAT GTC CTG TGT TCC CT-3'; RYRR: 5'-CTG GTG ACA TAG TTG ATG AGG TTTG-3'), para seguir un protocolo estandar (Brem et al. 1993), donde 100 ng de DNA fueron amplificados en una reacción de 100 µl, conteniendo 100 p mol de cada indicador, 200 µl de dNTPs, y 2.5 U de taq Polimerasa.

Los ciclos de amplificación se realizaron en un termociclador (Master-Gradient, Eppendorf; Alemania), con 30 ciclos de desnaturalización a 94 °C, alineamiento a 69 °C, y polimerización a 72 °C, por 60 segundos respectivamente. El producto de amplificación de una longitud de 134 pb, después de ser digerido por la enzima Hal, permitió identificar los tres genotipos posibles para el *locus* Hal. Para los cerdos estrés susceptibles o recesivos (nn), que han perdido el sitio de corte de la enzima en ambos alelos, presentan una banda de DNA en geles de agarosa al 2%, teñidos con bromuro de Etidio; mientras que cerdos heterocigotos (Nn), presentan tres bandas (134pb, 84pb y 50pb); y los individuos estrés resistentes o negativos (NN) muestran dos bandas (84pb y 50pb). Esta metodología corresponde al procedimiento utilizado por Sanchez (2000) para el aislamiento e identificación del DNA genómico para el Gen del Estrés Porcino.

### **5.2. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (AQP)**

Primeramente se realizó el Análisis químico proximal: Materia Seca, Proteína Cruda, Grasa Cruda, Fibra Cruda, Cenizas, Calcio y Fósforo (AOAC, 2000).

### **5.3. ANALISIS DE PROTEINAS SARCOPLASMICAS**

Considerando las muestras provenientes de 319 cerdos, se midieron y registraron las proteínas musculares:

### **5.3.1. Mioglobina y Metamioglobina**

Mediante espectrofotometria, (PicKard, et al ,1994; Núñez y Mejia, 2002).

## **5.4. ANALISIS DE PROTEINAS DEL COLAGENO**

**5.4.1. Determinación del L(-) Hidroxiprolina contenida en carne y productos de carne:** (método de referencia): Estandar Internacional (ISO 3496), 1ª Edición 1978/07/01.

## **5.5. ANALISIS DE PERFILES DE ÁCIDOS GRASOS.**

Análisis de Extracto Etéreo en equipo Soxlet, utilizando diclorometano como solvente (AOAC, 2000). Posteriormente, metilacion de muestras para su análisis mediante cromatografía de gases, utilizando un equipo cromatográfico (GC marca CHROMPACK, modelo CP900), con una columna AT-Wax 30m X 0.32 ID X 0.25 um marca Alltech, para hacer las determinaciones de los ácidos grasos; Mirístico (C14:0), Palmítico (C16:0), Esteárico (C18:0), Oléico (C18:1), Linoléico (C18:2), Linolénico (C18:3), Araquidónico (C20:0) y Behénico (C22:0). Teniendo en cuenta que los tiempos de retencion para la identificación de los acidos grasos fue como sigue: Mirístico (12.30 min), Palimítico (14.2 min), Esteárico (16.30 min), Oléico (16.37 min), Linoléico (17.17 min), Linolénico (17.70 min), Araquidónico (18.10 min), Behénico (19.70 min).

## **5.6. DISEÑO EXPERIMENTAL**

-Los datos resultantes de las pruebas del analisis quimico proximal, mioglobina, metamioglobina, hidroxiprolina y perfiles de acidos grasos, relacionados a la composición química y calidad de la carne fueron analizados utilizando el siguiente modelo:

$$Y = \mu + SXi + GTPj + Eij$$

**Donde:**

**$\mu$  = media poblacional**

**$SXi = 1.....i$ ésimo sexo (hembras o machos)**

**$GTPj = 1.....j$ ésimo genotipo (NN, Nn, nn)**

**$Eij =$  error experimental**

Al cual se le atribuye el total de la variación observada.

Previo a la aplicación del diseño experimental se utilizó un análisis de frecuencias para determinar el porcentaje de presencia del gen del estrés porcino en los animales considerados en este trabajo, pudiéndose el dato extrapolarse a nivel del estado.

Similarmente las variables de composición química y calidad de la carne en los casos en donde se manifestó significancia estadística ( $P < 0.05$ ;  $P < 0.1$ ) fueron sometidos a un análisis de correlación simple.

Los datos de composición química de la carne fueron sometidos a análisis de regresión, considerando la tendencia en cuanto a los valores relacionados a los distintos genotipos con respecto al Gen Hal, por lo que los resultados de salida de los procedimientos estadísticos se muestran en anexo aparte.

El análisis estadístico de los datos fue realizado mediante los procedimientos GLM del paquete estadístico SAS para datos desbalanceados (SAS Institute, 2000).

**\* Cabe mencionar que este trabajo es parte de una secuencia de trabajos relacionados a la determinación de los efectos del Gen del estrés en porcinos.**

## 6. RESULTADOS

Con respecto a la distribución de frecuencias con que se manifiesta el Gen del estrés porcino, en la población de cerdos considerada en este estudio para el estado de Jalisco (Cuadro No. 4), se observa que si se toma solo el concepto global por el genotipo (NN, Nn y nn), desde luego que es muy superior la frecuencia en los animales no portadores (75.3%), aunque, en el caso de los portadores, conjuntamente con los recesivos (Nn + nn = 24.7%), podría considerarse importantemente elevada, pues al extrapolar esta información se tiene, que casi una cuarta parte del inventario de cerdos en el estado de Jalisco, podría estar sujeta a la presencia del gen del estrés. Este dato puede ofrecer una idea, que conllevaría a pensar los riesgos para la industria porcícola, con respecto a los efectos indeseables que éste gen puede inducir, tanto en el comportamiento productivo, por muertes súbitas dentro de las explotaciones, como en la calidad del producto cárnico final, y que será destinada para consumo humano, siendo factible su penalización desde la planta de sacrificio, y sus defectos en la calidad de la carne, así como sus mermas en cuanto a vida de anaquel. Por otro lado, para efecto de comparaciones en función de los análisis en el caso de los animales recesivos (nn), se determinó no considerar esta información, dada su proporción en porcentaje a los datos de frecuencia con respecto a los demás genotipos

**Cuadro No.4. Frecuencia de genotipos para el gen de la Susceptibilidad al Estrés Porcino en cerdos para abasto del estado de Jalisco.**

VARIABLE	Genotipo NN		Genotipo Nn		Genotipo nn	
	H	M	H	M	H	M
Sexo						
No.	117	127	41	36	1	2
%	36.11	39.19	12.65	11.11	0.31	0.62
% Agrup.*	75.3 <sup>a</sup>		23.77 <sup>b</sup>		0.93 <sup>c</sup>	

\*abc= Literales diferentes en la misma línea, indican diferencia significativa (P< 0.05), para las frecuencias agrupadas de los genotipos Hal.

Para el caso del análisis químico proximal (Cuadro No. 5), se observa en la materia seca, un incremento de ésta, marcando diferencia significativa (P < 0.05) por efecto del factor genotipo

Hal entre negativos, portadores y recesivos, al igual que entre sexos de cada uno de los genotipos. Sin embargo entre sexos, dentro de cada genotipo, no se observa diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en esta medición. Las hembras muestran una menor cantidad (diferencia numérica, más no estadística), de materia seca con respecto a los machos dentro de cada genotipo.

Para el caso de la humedad, se observa de igual manera, que existe diferencia significativa entre genotipos y sexos ( $P < 0.05$ ), siendo obvia la tendencia de manera inversa a lo que sucede en el caso de materia seca, manifestando el mismo efecto entre sexos dentro de cada uno de los genotipos, en donde no se muestra diferencia significativa ( $P > 0.05$ ).

Con respecto a la Proteína Cruda, se observa que hay una tendencia a incrementarse ésta, conforme se manifiesta la presencia del gen del estrés, siendo menor su valor en cerdos NN y alcanzando su mayor valor en cerdos nn, marcando por consecuencia una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), por efecto del Genotipo Hal entre sexos, no así entre sexos dentro de cada genotipo.

En el caso de la Grasa Cruda se observa un incremento del contenido conforme se va manifestando el síndrome del estrés porcino, mostrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), entre sexos de diferente genotipo, siendo mayor en los nn, con respecto de los Nn y NN. Sin embargo entre sexos dentro de cada genotipo, no se manifiestan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), aun cuando se manifiestan diferencias numéricas.

Para el caso de Cenizas, sucede un fenómeno interesante, dado que en los machos Nn, se observa un contenido de cenizas mayor con respecto a los demás genotipos, seguido por genotipos NN y las hembras Nn, y finalmente los nn. Aquí se observa diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre sexos de cada genotipo.

Para Extracto libre de nitrógeno (ELN), se observa diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), entre los machos portadores Nn, siendo su valor mas alto, con respecto a las hembras del mismo

genotipo y los sexos del genotipo no portador (NN), no mostrando diferencias entre genotipos ni entre sexos dentro de cada genotipo.

**Cuadro No. 5. Análisis Químico Proximal (%) de carne de cerdo (músculo *longissimus dorsi*), con respecto al gen del Halotano (Base Seca).**

Variable	Genotipo NN		Genotipo Nn		EEM
	H	M	H	M	
Materia seca	25.49 <sup>b</sup>	25.64 <sup>b</sup>	26.20 <sup>a</sup>	26.42 <sup>a</sup>	0.5910
Humedad	74.51 <sup>a</sup>	74.35 <sup>a</sup>	73.79 <sup>b</sup>	73.57 <sup>b</sup>	0.5910
Proteína cruda	21.34 <sup>b</sup>	21.31 <sup>b</sup>	22.00 <sup>a</sup>	21.97 <sup>a</sup>	0.0940
Grasa cruda	0.81 <sup>b</sup>	0.77 <sup>b</sup>	0.91 <sup>b</sup>	1.11 <sup>a</sup>	0.4250
Cenizas	1.24	1.22	1.23	1.27	0.0620
ELN*	2.10	2.33	2.06	2.05	0.5142

\*<sup>abc</sup> literales diferentes en la misma línea indican diferencia significativa (P < 0.05).

Con respecto al contenido de mioglobina y metamioglobina (Cuadro No. 6), se observa que para Mioglobina, aunque hay diferencias numéricas, no existe diferencia significativa ni entre sexos dentro de genotipo ni entre genotipos, destacando que los valores menores se encuentran en los machos. Para el caso de la metamioglobina, resulta la misma tendencia en cuanto a que no existen diferencias, pues solo son numéricas y no estadísticas, siendo los mayores valores para los NN (hembras y machos) con respecto de los demás genotipos, resaltando también que en el caso de los machos en NN y Nn, estos muestran valores mas altos, con respecto a las hembras. Esto sugiere que la coloración rojiza característica estará ligeramente más acentuada en los genotipos NN que presentaron mayores valores, y el color marrón que confiere la metamioglobina, sería ligeramente más evidente en los mismos NN.

**Cuadro No. 6. Contenido de Mioglobina y Metamioglobina de carne de cerdo (músculo *longissimus dorsi*), con respecto al gen del Halotano.**

Variable	Genotipo NN		Genotipo Nn		EEM
	H	M	H	M	
Mioglobina (mg/ml)	0.069	0.061	0.064	0.059	0.0290
Metamioglobina (%l)	80.14	87.35	58.28	65.46	17.1816

Con respecto al contenido de Hidroxiprolina (Cuadro No. 7), no se observan diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ), siendo éstas solo numéricas, destacando un mayor valor en las hembras portadoras (Nn) y los machos no portadores (NN) al considerarse su comparación entre sexos de diferente genotipo, y diferencias numéricas entre sexos dentro de cada genotipo.

**Cuadro No. 7. Contenido de Hidroxiprolina en base húmeda y seca (%), de carne de cerdo (músculo *longissimus dorsi*), con respecto al gen del Halotano.**

Variable	Genotipo NN		Genotipo Nn		EEM
	H	M	H	M	
Hidroxiprolina BH (%)	0.072	0.087	0.085	0.081	0.0057
Hidroxiprolina BS (%)	0.097	0.117	0.115	0.110	0.0077

Para el caso de los perfiles de ácidos grasos (Cuadro No. 8), se observa que en todos los genotipos el valor mas alto correspondió para el ácido Oléico, sin embargo no se detectaron diferencias significativas, ni entre sexos ni entre genotipos, ya que éstas fueron solo numéricas. Le siguió en valor el ácido Palmítico, en donde de igual forma se observan solo diferencias numéricas entre sexos y genotipos. Le sigue en cantidad el ácido Linoléico, en donde tampoco se observan diferencias significativas. En conjunto le sigue el caso del ácido Estearico, en donde se observan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), siendo éstas entre los machos Nn, con respecto de las hembras Nn y los NN. En el caso de los ácidos Linolénico y Behénico, no se observan diferencias, no así para el caso del Mirístico en donde se observan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el caso de los machos Nn con respecto de los demás



sexos y genotipos. En el caso del ácido Araquidónico, también se observan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para el caso de los machos Nn, con respecto a los demás sexos y genotipos, solo que en este caso los valores mayores son para las hembras Nn y los sexos del genotipo NN.

**Cuadro No. 8. Perfiles de Ácidos Grasos (%) de carne de cerdo (músculo *longissimus dorsi*), con respecto al gen del Halotano.**

Variable	Genotipo NN		Genotipo Nn		EEM
	H	M	H	M	
<b>SATURADOS</b>					
Mirístico (C14:0)	3.8680 <sup>b</sup>	3.4400 <sup>b</sup>	3.9117 <sup>b</sup>	5.8167 <sup>a</sup>	1.5618
Palmítico (C16:0)	16.2789 <sup>b</sup>	16.9600 <sup>b</sup>	17.6596 <sup>b</sup>	15.1389 <sup>b</sup>	2.4363
Estearico (C18:0)	6.1900 <sup>b</sup>	7.3228 <sup>b</sup>	7.1453 <sup>b</sup>	12.9700 <sup>a</sup>	4.0090
Araquidónico (C20:0)	2.8860 <sup>a</sup>	2.1750 <sup>a</sup>	4.2023 <sup>a</sup>	1.9170 <sup>b</sup>	1.8062
Behénico (C22:0)	1.6234	1.3600	1.2562	1.2384	0.4837
<b>MONOINSATURADOS</b>					
Oléico (C18:1)	25.7334	31.1401	24.0922	23.6253	4.0402
<b>POLIINSATURADOS</b>					
Linoléico (C18:2)	9.5176	12.2078	10.7000	9.6716	2.6572
Linolénico (C18:3)	4.6901	4.1787	3.1065	3.8270	1.4760
Total Ácidos Grasos	70.6855	78.7824	72.0684	71.8224	4.4450

\*<sup>ab</sup> literales diferentes en la misma línea indican diferencia significativa ( $P < 0.1$ ), por efecto de genotipo.

Con respecto a la comparación de los ácidos grasos saturados e insaturados, con respecto al porcentaje de estos en su conjunto (Cuadro No. 9), se observa que en el caso de los ácidos grasos saturados, los machos portadores (Nn), muestran mayor contenido de este tipo de ácidos grasos con respecto a los demás sexos y genotipos, encontrándose diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). En el caso de los ácidos grasos insaturados, se observa que los machos no portadores (NN), muestran mayor contenido en porcentaje de este tipo de ácidos grasos, mostrando diferencia significativa con respecto a los demás sexos y genotipos.

**Cuadro No. 9. Comparación de ácidos grasos (%) en carne de cerdo (músculo *longissimus dorsi*), con respecto a su grado de instauración entre genotipos y sexos, con respecto al gen del Halotano.**

Variable	Genotipo NN		Genotipo Nn		EEM
	H	M	H	M	
A. G. SATURADOS	30.8463 <sup>b</sup>	31.2578 <sup>b</sup>	34.1751 <sup>b</sup>	37.081 <sup>s</sup>	1.9627
A.G. INSATURADOS.	39.9411 <sup>b</sup>	47.5275 <sup>a</sup>	37.8987 <sup>b</sup>	37.1239 <sup>b</sup>	2.7245

\*<sup>abc</sup> literales diferentes en la misma línea indican diferencia significativa (P < 0.1), por efecto de genotipo.

Con respecto a los coeficientes de correlación del análisis químico proximal para hembras con respecto al Genotipo Hal NN (Cuadro No. 10), se observa que existe una correlación positiva alta entre grasa cruda y materia seca, es decir a mayor contenido de materia seca en el tejido cárnico, existe un mayor contenido de grasa cruda, así como una correlación inversa entre proteína cruda y ELN, es decir hay una disminución importante de proteína cruda, y en consecuencia existe una disminución importante de ELN.

**Cuadro No. 10. Coeficientes de correlación para Hembras en el análisis químico proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal NN**

Indicador	Mat. Seca	Humedad	Prot. Cruda	Grasa C.	Cenizas	ELN
Mat. Seca	1.00000	-1.00000	0.20718	0.84611*	0.11446	-0.12546
Humedad	-1.00000	1.00000	-0.20718	-0.84611	-0.11446	0.12546
Prot. Cruda	0.20718	-0.20718	1.00000	-0.03399	-0.30970	-0.82393*
Grasa C.	0.84611*	-0.84611	-0.03399	1.00000	0.27622	-0.20173
Cenizas	0.11446	-0.11446	-0.30970	0.27622	1.00000	0.03961
ELN	-0.12546	0.12546	-0.82393	-0.20173	0.03961	1.00000

\*Estos valores muestran diferencia estadística significativa (P<0.05)

Con respecto a los coeficientes de correlación para hembras en el Análisis Químico Proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal Nn (Cuadro No. 11), se observa de igual forma

una correlación positiva alta entre grasa cruda y ELN con materia seca, es decir a mayor cantidad de Materia Seca, se incrementan la cantidad de grasa cruda y ELN. En este caso se observa una correlación inversa entre proteína cruda y ELN, al igual que en el cuadro anterior.

**Cuadro No. 11. Coeficientes de correlación para Hembras en el análisis químico proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal Nn**

<b>Variable</b>	<b>Mat. Seca</b>	<b>Humedad</b>	<b>Prot. Cruda</b>	<b>Grasa C.</b>	<b>Cenizas</b>	<b>ELN</b>
Mat. Seca	1.00000	-1.00000	0.11252	0.75582*	0.28834	0.52260*
Humedad	-1.00000	1.00000	-0.11252	-0.75582	-0.28834	-0.52260*
Prot. Cruda	0.11252	-0.11252	1.00000	-0.42524	-0.03007	-0.69869*
Grasa C.	0.75582*	-0.75582*	-0.42524	1.00000	0.30590	0.63894*
Cenizas	0.28834	-0.28834	-0.03007	0.30590	1.00000	0.03777
ELN	0.52260*	-0.52260*	-0.69869*	0.63894*	0.03777	1.00000

\*Estos valores muestran diferencia estadística significativa (P<0.05)

Para el caso de los coeficientes de correlación para machos castrados entre los componentes de del Análisis Químico Proximal de carne de cerdo con respecto al Genotipo Hal NN (Cuadro No. 12), se observa una correlación positiva alta entre proteína cruda y grasa Cruda con respecto a Materia Seca, es decir a mayor contenido de materia seca, mayor contenido tanto de proteína y grasa cruda. Aunque también se observa una correlación inversa entre proteína cruda y ELN, así como entre Cenizas y Grasa Cruda.

**Cuadro No. 12. Coeficientes de correlación para los datos de Machos en el análisis químico proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal NN**

<b>Variable</b>	<b>Mat. Seca</b>	<b>Humedad</b>	<b>Prot. Cruda</b>	<b>Grasa C.</b>	<b>Cenizas</b>	<b>ELN</b>
Mat. Seca	1.00000	-1.00000	0.51866*	0.86821*	-0.59783*	-0.10757
Humedad	-1.00000	1.00000	-0.51866*	-0.86821	0.59783	0.10757
Prot. Cruda	0.51866*	-0.51866*	1.00000	0.23996	0.22269	-0.86934*
Grasa C.	0.86821*	-0.86821*	0.23996	1.00000	-0.60412*	0.01818
Cenizas	-0.59783*	0.59783*	0.22269	-0.60412*	1.00000	-0.59589*
ELN	-0.10757	0.10757	-0.86934*	0.01818	-0.59589*	1.00000

\*Estos valores son estadísticamente significativos (P<0.05)

Con respecto a los coeficientes de correlación para machos castrados en el Análisis Químico Proximal de carne de cerdo con respecto al Genotipo Hal Nn (Cuadro No. 13), se observa una correlación positiva alta entre grasa cruda con materia seca y con cenizas y ELN, es decir que al incrementarse la cantidad de grasa cruda, se incrementan también la cantidad de materia seca, cenizas y ELN.

**Cuadro No. 13. Coeficientes de correlación para los datos de Machos en el análisis químico proximal de carne de cerdo con respecto al genotipo Hal Nn**

<b>Indicador</b>	<b>Mat. Seca</b>	<b>Humedad</b>	<b>Prot. Cruda</b>	<b>Grasa C.</b>	<b>Cenizas</b>	<b>ELN</b>
Mat. Seca	1.00000	-1.00000	0.18162	0.64250*	0.16527	0.48640
Humedad	-1.00000	1.00000	-0.18162	-0.64250	-0.16527	-0.48640
Prot. Cruda	0.18162	-0.18162	1.00000	-0.42087	-0.31984	-0.66407*
Grasa C.	0.64250*	-0.64250	-0.42087	1.00000	0.47999	0.51311*
Cenizas	0.16527	-0.16527	-0.31984	0.47999	1.00000	0.11706
ELN	0.48640	-0.48640	-0.66407*	0.51311*	0.11706	1.00000

\*Estos valores son estadísticamente significativos (P<0.05)

Para la interpretación de los coeficientes de correlación, se consideraron solo aquellos en donde este fuese mayor a 0.5, considerándose una  $P < 0.05$ .

Con respecto a las ecuaciones de regresión para los componentes del Análisis Químico Proximal (Cuadro No. 14), se observa que en todos los casos, aun cuando se pudo obtener los valores para las ecuaciones, el valor de  $r^2$  se consideró bajo. En casi todos los casos la tendencia es lineal, excepto en el caso de cenizas y ELN para NN y ELN para Nn que resulto ser cuadrática. Comparativamente entre NN y Nn, la diferencia en valores estriba principalmente en el valor de (X), el cual resulta mayor en NN con respecto de Nn. Sin embargo, a pesar de los valores de  $r^2$ , estas ecuaciones pueden ser un buen indicador de las tendencias de comportamiento de los componentes del Análisis Químico Proximal en la carne de cerdo.

**Cuadro No. 14. Ecuaciones de regresión para el Análisis Químico Proximal en carne de cerdo con respecto al genotipo Hal**

Variable	Genotipo Hal NN	Genotipo Hal Nn
Materia Seca	$Y = 27.22 - 1.58(X) - 0.02(X^2); r^2=.36$	$Y = 27.22 - 0.78(X) - 0.02(X^2); r^2=.36$
Humedad	$Y = 72.80 + 1.58(X) + 0.02(X^2); r^2=.36$	$Y = 72.80 + 0.80(X) + 0.02(X^2); r^2=.36$
Prot. Cruda	$Y = 22.75 - 1.44(X) - 0.15(X^2); r^2=.26$	$Y = 22.75 - 0.78(X) - 0.15(X^2); r^2=.26$
Grasa Cruda	$Y = 1.85 - 1.08(X) - 0.05(X^2); r^2=.18$	$Y = 1.85 - 0.73(X) - 0.05(X^2); r^2=.18$
Cenizas	$Y = 1.26 - 0.04(X) + 0.06(X^2); r^2=.11$	$Y = 1.26 + 0.01(X) + 0.06(X^2); r^2=.11$
ELN	$Y = 1.65 + 0.68(X) - 0.05(X^2); r^2=.07$	$Y = 1.65 + 0.42(X) - 0.05(X^2); r^2=.07$

Con respecto a las ecuaciones de regresión en mioglobina y metamioglobina para los Genotipos Hal NN y Nn (Cuadro No. 15), se observa también una tendencia lineal para mioglobina en ambos genotipos y para metamioglobina es lineal en NN y cuadrática en Nn. Similar al cuadro anterior, las diferencias entre los dos genotipos estriba principalmente en los valores de relación para (X), que resultan mayores en el caso del genotipo Nn con respecto del NN. De igual forma en todos los casos el valor de  $r^2$  también resultó bajo. En el caso de

Hidroxirolina, se observa una tendencia cuadrática para ambos genotipos siendo también bajo el valor de  $r^2$ .

**Cuadro No. 15. Ecuaciones de regresión para mioglobina, metamioglobina e Hidroxirolina en carne de cerdo con respecto al genotipo Hal**

Variable	Genotipo Hal NN	Genotipo Hal Nn
Mioglobina	$Y=0.075-0.013(X)-0.012(X^2); r^2=.015$	$Y=0.075-.015(X)-0.012(X^2); r^2=.015$
Metamioglobina	$Y=77.56+9.79(X)+0.63(X^2); r^2=.02$	$Y=77.56-12.1(X)+0.63(X^2); r^2=.02$
Hidroxirolina	$Y= 0.192+0.002(X)-.075(X^2); r^2=0.11$	$Y=0.192+0.002(X)-.082(X^2);$
BS		$r^2=0.11$

Con respecto a, las ecuaciones de regresión para los ácidos grasos contenidos en la carne de cerdo, en relación a los genotipos Hal NN y Nn (Cuadros No. 16 y 17), se observa una tendencia lineal positiva para; Mirístico, Linoléico, Linolénico, Araquidónico y Behénico, siendo negativa para el caso de; Palmítico, Esteárico, Oléico y para el total de ácidos grasos en el genotipo Hal NN. Para el genotipo Hal Nn la tendencia resulta también lineal, y es positiva para; Mirístico, Esteárico, Linoléico, Linolénico, Araquidónico y Behénico, y negativa para; Palmítico, Oléico y el Total de Ácidos Grasos. Al igual que en los casos anteriores la diferencia mas importante en ambos genotipos Hal, estriba principalmente en los valores de (X), siendo mayores en el caso de Nn con respecto al genotipo Hal NN. Por otra parte y de forma similar, los valores de  $r^2$  resultaron extremadamente bajos.

**Cuadro No. 16. Ecuaciones de regresión para ácidos grasos saturados en carne de cerdo con respecto al genotipo Hal**

Ácido graso	Genotipo Hal NN	Genotipo Hal Nn
Mirístico	$Y = 3.36 + 0.075(X); r^2=.054$	$Y = 3.36 + 2.45(X); r^2=.054$
Palmítico	$Y = 25.88 - 8.9(X); r^2=.095$	$Y = 25.88 - 10.71(X); r^2=.095$
Esteárico	$Y = 9.08 - 1.76(X); r^2=.070$	$Y = 9.08 + 3.9(X); r^2=.070$
Araquidónico	$Y = 1.36 + 0.81(X); r^2=.040$	$Y = 1.36 + 0.55(X); r^2=.040$
Behénico	$Y = 0.95 + 0.41(X); r^2=.01$	$Y = 0.95 + 0.30(X); r^2=.01$

**Cuadro No. 17. Ecuaciones de regresión para ácidos grasos insaturados en carne de cerdo con respecto al genotipo Hal**

Ácido graso	Genotipo Hal NN	Genotipo Hal Nn
<b>MONOINSATURADOS</b>		
Oleico	$Y = 35.93 - 4.8(X); r^2=.080$	$Y = 35.93 - 12.3(X); r^2=.08$
<b>POLIINSATURADOS</b>		
Linoléico	$Y = 2.05 + 10.15(X); r^2=.060$	$Y = 2.05 + 7.62(X); r^2=.060$
Linolénico	$Y = 3.17 + 1.00(X); r^2=.022$	$Y = 3.17 + 0.65(X); r^2=.022$
<b>TOTAL DE ÁCIDOS GRASOS</b>		
	$Y = 81.76 - 3.0(X); r^2=.066$	$Y = 81.76 - 9.94(X); r^2=.066$

Con respecto a, las ecuaciones de regresión construidas para determinar la tendencia lineal de ácidos grasos en su conjunto, comparativamente entre saturados e insaturados (Cuadro 18), se observa que la tendencia es lineal negativa para todos los sexos y genotipos, exceptuando el caso de los animales no portadores (NN), en donde esta se muestra con una tendencia, que aunque también es de tipo lineal, esta es positiva.

**Cuadro No. 18. Ecuaciones de regresión para el conjunto de ácidos grasos saturados e insaturados en carne de cerdo con respecto al genotipo Hal**

Indicador	Genotipo Hal NN	Genotipo Hal Nn
SATURADOS	$Y = 40.63 - 9.365(X); r^2=0.27$	$Y = 40.63 - 3.51(X); r^2=0.27$
INSATURADOS	$Y = 41.15 + 6.35(X); r^2= 0.16$	$Y = 41.15 - 1.67(X); r^2=0.16$

## 7. DISCUSION

Como se ha establecido, la calidad de la carne es un concepto plural que no tiene una definición única. La importancia de los diferentes aspectos cualitativos difiere en función del segmento de la cadena cárnica que los analice. Para la carne fresca, atributos como el color, la cantidad de grasa, la terneza, jugosidad y sabor son vitales para la decisión y fidelización de la compra. Para la carne procesada, la atención se centra en factores como el pH, la capacidad de retención de agua, estabilidad oxidativa y ausencia de sabores anómalos. La importancia de cada uno de ellos también dependerá de si el destino final del producto elaborado será para cocidos o para curados. Al mismo tiempo, el valor óptimo de ciertos atributos, especialmente los organolépticos, puede tener un elevado componente geográfico y cultural. Carnes oscuras con un alto contenido en grasa intramuscular, altamente apreciadas en mercados como el japonés, dado los hábitos alimenticios en el hemisferio occidental, concretamente en América, podrían ser poco atractivas indeseables en nuestro mercado. La distinción y aceptación de ciertos olores es completamente distinto en diferentes países. Por otro lado, aspectos englobados bajo la categoría de calidad social pueden ser conceptos determinantes en el momento de la compra en algunos países del Norte de Europa y Estados Unidos, y algunos de ellos puede que tengan una importancia creciente en nuestro mercado (Asa et al., 2003).

Los atributos organolépticos y tecnológicos están fuertemente interrelacionados. El color y capacidad de retención de agua dependen básicamente de las condiciones en que se realizan los cambios de pH durante la transformación *postmortem* de músculo a carne. Las alteraciones de estos tres atributos bajo las formas de carnes PSE (pale, soft and exudative = pálidas, blandas y exudativas) o DFD (dark, firm and dry = oscura, dura y seca) son muy importantes en la industria de la carne. Se han indicado incidencias de un 16% de carnes PSE en Estados Unidos (Cassens, 1999), un 25% de Jamones PSE en España (Benlloch, 1999), o 6,5% y 12,5% de canales seriamente PSE y DFD, respectivamente, en un sondeo de 5 mataderos realizado por Gispert et al. en España en 1999, en donde el factor genético jugó un papel importante por estar ligado a la presencia de dos genes; el Gen del Estrés porcino y el Gen Napole (del que no se tienen referencias concretas en México), lo que concuerda con los resultados en este presente trabajo al respecto de la frecuencia del Gen del estrés porcino (Nn,



nn) que fue de 24.70%, considerada como elevada en el estado de Jalisco, como principal productor de cerdos en México.

Por otra parte, la importancia de la alimentación en la incidencia de estos problemas es poco determinante, siendo los factores genéticos y de manejo pre-sacrificio los más importantes. Sin embargo, algunas pautas de alimentación pueden ser útiles en disminuir la incidencia de estas anomalías. La comprensión del mecanismo fisiológico responsable es vital para identificar las prácticas más adecuadas. La velocidad y la magnitud de la caída de pH después del sacrificio es posiblemente la causa individual más importante de la variación existente en calidad cárnica del porcino. La velocidad de reducción del pH y la temperatura a la que se produce afectan a la desnaturalización proteica en el músculo *postmortem*. Una caída rápida (hasta tres veces superior) de pH mientras la canal aún está a temperatura alta ( $>37^{\circ}\text{C}$ ) provoca la desnaturalización de las proteínas miofibrilares. La caída hasta un pH cercano al punto isoeléctrico (5,0-5,1) de las proteínas musculares reduce considerablemente su capacidad de retener agua, incrementando la pérdida por goteo. El resultado son carnes blancas y exudativas debido a la poca capacidad de retener líquidos, carnes PSE. Si la caída es insuficiente, el resultado es el contrario, carne DFD. Una carne DFD no presenta problemas de palatabilidad debido a su alta capacidad de retención de agua, siendo válida para elaborados. Sin embargo, puede presentar problemas de estabilidad y seguridad alimentaria por invasión microbiológica. Por otro lado, una carne PSE es totalmente inaceptable por el consumidor debido a su aspecto y palatabilidad. Entre estos dos casos anómalos extremos, es posible identificar diferentes categorías de calidad en función del resultado de diferentes parámetros. Los cambios en el pH después del sacrificio son básicamente debidos a la degradación del glucógeno a ácido láctico por glucógeno lisis y glicólisis en condiciones anaerobias. Mientras que el papel del glucógeno hepático es básicamente mantener el nivel de glucosa en sangre, el glucógeno del músculo esquelético actúa como fuente energética de rápida movilización, especialmente en casos de metabolismo anaerobio, mediante glucógeno lisis. La glucógeno lisis se produce por activación de la glucógeno fosforilasa que libera glucosa-1-P, sustrato de la glicólisis. Esta activación se produce por una cascada de reacciones dependientes de AMPc que resultan en la fosforilación de la enzima. Las catecolaminas y/o neurotransmisores son los agentes iniciadores de la cascada. (Coma y Piquer, 2000; Asa et al., 2003).

Por tanto, la actividad física o estrés (movimiento de animales en muelles de carga, descarga, transporte, mezcla de animales y peleas) que provoque un aumento de la concentración de catecolaminas en plasma resulta en el inicio de la glucógeno lisis. Una glucógeno lisis continuada provoca una disminución de las reservas de glucógeno muscular, y por tanto, falta de sustrato *post-mortem* para provocar la caída de pH, siendo el resultado final una carne DFD. Por otro lado, un estrés agudo momentos antes o en el momento del aturdimiento provoca un aumento de ácido láctico cuando la temperatura es aún elevada, siendo el resultado final una carne PSE. El mecanismo del estrés se asocia a cambios en el metabolismo del calcio, potente activador de la contracción muscular y de la glucógeno lisis. Cualquier tratamiento anterior al sacrificio (durante el engorde de los animales en granja, alimentación, manejo, método de carga, transporte a sacrificio, método de aturdimiento) que tenga una incidencia en las reservas energéticas de los músculos en el momento del sacrificio puede ser determinante en calidad de la carne (Riley et al., 2000).

Como se ha mencionado, el efecto de la raza o línea genética es muy importante. Kallweit (1981), señaló que las pérdidas por muerte en los centros oficiales de prueba de comportamiento, por problemas cardiovasculares fue de un 1.6-1.8% en razas musculadas sensibles al estrés, y no se encontraron casos similares en la raza Large White. De acuerdo a información reportada en España, se pueden morir cada año, por lo menos 100,000 cerdos preparados para su sacrificio (Diestre, 1994), mientras que Froysten, (1981), señala que en Noruega las muertes durante el periodo antes del sacrificio, fue de 0.20%. En México, este debería ser motivo de trabajos tendientes a clarificar las causas de muerte en cerdos, antes de llegar a la planta de sacrificio.

Ha sido obvio que, los consumidores, y los sistemas de valoración de canales comerciales, demandan la producción eficiente de cerdos magros, desafortunadamente los cerdos cuyos genotipos proveen un alto porcentaje de magrés en la canal, también tienden a producir canales, las cuales son pobres en calidad. El efecto de la grasa dietaria en cerdos en desarrollo sobre la composición de la canal, aparentemente no ha sido bien entendido, especialmente para genotipos con alto contenido de magrés. Algunos estudios sobre la distribución de la grasa en la canal de porcinos, los cuales se considera que tienen diferente tasa de desarrollo muscular, fueron conducidos desde 1995. Los efectos de sexo y peso al sacrificio, fueron bien documentados, ya que en estos estudios posteriormente examinó los efectos de la grasa suplementaria en la dieta, en dos genotipos divergentes sobre su desarrollo, composición de la

canal, calidad de la carne (Eggert et al., 1995; Fisher et al., 2000; Fabrega et al., 2002; Fisher et al., 2003).

Los cerdos reactivos al Halotano (nn) son conocidos por tener un alto porcentaje de magr es en la canal, comparativamente con los no portadores (NN) del gen del Halotano, haciendo de este gen una fuente de inter es para la industria porcícola comercial. Sin embargo los cerdos positivos (nn), son también más susceptibles al estrés, y presentan también pobre calidad muscular. La calidad muscular y las características de la canal de los portadores del gen Halotano (Nn), no han sido totalmente bien definidas. De tal forma que se han realizado entre otros trabajos, los tendientes a examinar los efectos de este gen sobre la calidad muscular, así como estudios para evaluar la composición de la canal del cerdo (Eggert, et al 1995; Schinckel, et. al, 1995; Van Oeckel et al., 2001; Fabrega et al., 2002), por lo que, uno de los principales problemas de la calidad de la carne de la especie porcina, es la presencia de las carnes exudativas, que como ha sido ya mencionado, corrientemente en la literatura científica, se le conoce con el nombre de PSE, por sus siglas en inglés (Pale, Soft and Exudative = Pálido, Blando/Suave y Exudativo). Se estima que este defecto causa grandes pérdidas durante el procesado y la venta al detalle de la carne fresca de cerdo. Este tipo de carne aparece cuando la caída del pH muscular durante el postmortem, se produce a mayor velocidad de la normal. La combinación crítica de valores de pH inferiores a 6.0 con temperaturas superiores a 38  C, altera las propiedades de las proteínas sarcoplasm ticas y miofibrilares produciendo mayor grado de desnaturalización. Estos cambios moleculares, se aprecian microscópicamente por una pérdida de la capacidad de retención de agua del músculo resultando en una mayor palidez. Lógicamente se observa una mayor pérdida de peso, menor rendimiento en las piezas y un rechazo por los consumidores debido a su palidez (Asa et al., 2003; fisher et al., 2003).

La carne PSE por una parte, tiene una causa genética, pues está asociada con la susceptibilidad hereditaria del estrés porcino. Así pues, este defecto se presenta con mayor frecuencia en las canales provenientes de animales mejorados para un mayor desarrollo muscular (Pietrain y Landrace Belga). Estas razas presentan mayor frecuencia del gen recesivo conocido como gen del Halotano, responsable de la sensibilidad al estrés, produciendo carnes de mala o peor calidad. Si se enfoca esta aseveración a los resultados del análisis químico proximal, considerando los tres parámetros en los cuales se detecto diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), como es el caso de la materia seca, proteína Cruda y Grasa Cruda,

resulta lógico dado que el contenido de Materia Seca Proteína Cruda tuvo valores mayores en los animales portadores (Nn), comparativamente con los animales que no fueron portadores del síndrome del estrés (NN). De igual forma, para el caso de la Grasa Cruda que resultó mayor también en los animales portadores excepto en el caso de las hembras, siendo factible que esta cantidad pudo haber tenido un efecto sensible en la presentación de carne PSE debida a la cantidad de grasa cruda, y a la posible disminución del pH con el consecuente efecto de oxidación de esta grasa en la carne (Asa et al., 2003).

Sin embargo, animales normales o resistentes al estrés pueden desarrollar carnes PSE, siendo la causa de ello, tanto los factores de sacrificio como las condiciones de transporte, tiempo de espera, tratamiento recibido, y el tipo de aturdimiento, que determinan la condición fisiológica ante mortem. Estas causas ambientales afectan fuertemente la incidencia y el grado o intensidad de la condición PSE. El estrés fuerte inmediatamente antes de la muerte del cerdo, aumenta el umbral PSE (Diestre, 1994; Fabrega et al., 2002).

En países como en España, se ha estudiado la medida del pH a los 30 minutos postmortem, como indicador de carnes potencialmente exudativas ( $\text{pH} < 6.0$ ) en cuatro mataderos comerciales durante 1985. Los resultados indicaron que el porcentaje de canales exudativas fue del 35%. Se encontró un efecto significativo del matadero así como de la clase comercial. Las canales más conformadas tuvieron una incidencia del 54% de carnes PSE, mientras en las canales menos conformadas, esta incidencia fue del 22% (Oliver, et al., 1989; Fabrega et al., 2002). Por su parte la incidencia del síndrome de estrés porcino en el verano en animales es de el 20%, cosa que no esta definida en México en relación a este defecto genético.

Las líneas puras, Pietrain y Landrace Belga, producen más de la mitad de las canales con problemas PSE. En cambio en las líneas puras Large White, y especialmente la Dúroc no se presenta el problema PSE (Oliver et al., 1993a).

Ahora bien, cuando se usa macho terminal la línea pura Landrace Belga, el porcentaje de canales sigue siendo considerablemente alto, especialmente si la hembra lleva Landrace en vez de Dúroc. En cambio si se usa un macho híbrido conformado, el problema se minimiza (Diestre et al., 1993; Gispert et al., 2003). Adicionalmente a estos conceptos, no se ha encontrado un efecto significativo del peso sobre la calidad de la carne (PSE).

Por otro lado, se ha establecido que el desarrollo de técnicas de muestreo que permitan analizar y determinar la calidad de la carne son definitivamente de sumo interés, tanto para la industria de la carne como para los consumidores, de tal forma que uno de los parámetros definitivos para la evaluación primaria de la calidad de la carne de cerdo fresca, es el color. Dentro de los métodos para determinación del color, se han utilizado, como los más tradicionales a nivel de rastros, sobre todo en el caso de los TIF en México, la escala subjetiva del color (NPPC, 2000), que ha sido la más utilizada, sin embargo no deja de considerarse una medición subjetiva, y destructiva (daña el músculo), por lo que además esta ligada al factor humano (apreciación) (Wulf and Page, 2000; Norman et al., 2003). Otro método es el NIR (cerca infrarrojo) mediante espectroscopía, que es considerada una de las técnicas más promisorias para una evaluación rápida del color como un indicador de la calidad de la carne y su correlación con la terneza y la pérdida por goteo de la misma, en cerdos portadores y no portadores al gen del estrés porcino, y ligadas a modelos de predicción para estimar su calidad y calibrar este tipo de equipos (Monin, 1998; Rodbotten et al., 2000; Geesink et al., 2003). Sin embargo aun cuando se considera que los modelos de predicción son de gran utilidad para calibrar estos equipos, considerando específicamente el músculo *longissimus* y su diferencia en el valor más alto del espectro, comparativamente en animales no portadores versus portadores del gen del estrés porcino, aunque este procedimiento ha sido poco evaluado (Rodbotten et al., 2001), y considerando que en el presente trabajo se construyeron ecuaciones de predicción, muy probablemente estas mismas podrían servir para la calibración de este tipo de equipos, que fuera alimentado en su calibración con información local.

Otro sistema para la evaluación del color que se considera muy promisorio también en establecimientos de sacrificio, es la evaluación mediante el equipo colorimétrico Minolta, evaluándose el color cada 24 horas con el sistema L, a, b (Ferreira y col., 1994) utilizando este equipo (Chroma Meter CR-200, Japan 80025393, Tokio, Japón), corriéndose blancos mediante una tarjeta, y estableciéndose valores de referencia para L= 97.38, a=0.17 y b=1.94. Esta evaluación se realiza en cortes de 10 cm. de diámetro, con la pistola a una distancia de 2 cm. Del tejido cárnico. El color se reporta como la diferencia total de color: utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2}$$

En donde a la sumatoria se le extrae la raíz cuadrada.

De estas propiedades funcionales más importantes en la calidad de la carne fresca de cerdo como son el color y la textura, se sabe que la reducción de pH en la carne conservada mediante fermentación láctica, puede tener un efecto negativo sobre estas mismas propiedades (Guerrero y col., 1995). Cuando la carne fermentada es almacenada a 4 °C, no hay cambios significativos en el color, sin embargo, cuando el almacenamiento es a 20 °C, si se manifiesta un cambio altamente significativo ( $P < 0.0001$ ) en el color en la carne fermentada. Los cambios en la carne fermentada son significativos a partir del primer día de almacenamiento. Waites (1988) mencionó que en la carne empacada al vacío y conservada por fermentación láctica se produce un ambiente reductor por la baja concentración de oxígeno y la disminución de pH. En estas condiciones se favorece la formación de la metamioglobina (color marrón) a partir de la mioglobina (Osborne et al., 2003). Backus y col., (1998), establecen además que la carne puede adquirir una apariencia pálida debido a que la reducción de pH puede provocar la condición de PSE (pálido, suave y exudativo). Guerrero y Arteaga (1990) refieren que la reducción de pH en la carne fresca de cerdo, puede provocar la pérdida de la capacidad de retención de agua (CRA). Este fenómeno produce una carne seca y dura (Asa et al., 2003).

El color de los productos cárnicos también se ve afectado durante el período de almacenamiento. En este caso el cambio obedece a un proceso de deterioro por oxidación durante un almacenamiento aeróbico. Se producen cambios en la forma química de los pigmentos musculares: la mioglobina puede ser convertida a metamioglobina, de un color marrón que es poco atractivo para el consumidor. A la vez, este proceso oxidativo también puede afectar a los fosfolípidos de la membrana celular y disminuir la capacidad de retención de agua. Este proceso es particularmente negativo en carne picada debido a la gran superficie de producto expuesta. En productos envasados, la utilización del vacío o atmósferas modificadas es efectiva. La posibilidad de limitar la oxidación por medio de la alimentación del animal, especialmente mediante la utilización de vitamina E, ha sido ampliamente estudiada, y actualmente es utilizada de manera importante en la prevención de la aparición de carnes PSE, aun cuando el animal del que provenga pueda estar ligado al gen del estrés (Ellis y col., 1996; Coma y Piquer, 2000), sin embargo, como mero sentido común la sensibilidad al gen del estrés, es una condicionante altamente prioritaria de ser clarificada en los hatos de México para eliminar el factor de riesgo que invariablemente afectará la aparición de carnes del tipo PSE, que como es reportado en este trabajo, la frecuencia de este gen debe ser considerada como alarmante, máxime que no existen programas de cobertura nacional para la identificación del Genotipo en la piara nacional.

Por otro lado, y considerando que en este estudio se tomó como indicadores de la calidad de la carne el contenido de mioglobina que esta relacionada directamente con la cantidad de hierro presente en el músculo cárnico, y la metamioglobina que le confiere un color marrón al músculo cárnico y está mas bien relacionada a la metilación del hierro presente en el mismo tejido por almacenamiento, las diferencias aunque numéricas, sugieren que en el caso de cerdos portadores del gen del estrés estos valores son menores con respecto a los no portadores, por tanto, la posibilidad de presentar canales PSE puede ser mayor, al menos por efecto ligado al factor genético. De igual forma aun cuando los coeficientes de correlación en los modelos de predicción construidos en este trabajo, son bajos, es factible ajustarlos, si se puede incrementar un mayor número de controles, permitiendo también la disminución del número de animales en el estudio.

Por otra parte, se ha observado que el nivel de alimentación de los animales juega un papel importante en la terneza de la carne. Animales alimentados *ad libitum* producen carne de mayor terneza y jugosidad que los animales en alimentación restringida (MLC, 1998). Al respecto existen varias explicaciones posibles. Por un lado, los animales alimentados *ad libitum* tienen un mayor ritmo de crecimiento que, hipotéticamente podría conllevar un sistema proteolítico más activo, y este sistema mantendría su actividad *postmortem*. Al mismo tiempo, una mayor velocidad de crecimiento representa animales de menor edad a igualdad de peso al sacrificio, y por tanto, menor porcentaje de tejido conjuntivo en carne. Por otro lado, la alimentación *ad libitum* resulta en un mayor porcentaje de grasa intramuscular que contribuye positivamente a la terneza de la carne. Sin embargo, cuando se han comparado diferentes planos de alimentación: 80 y 90% *ad libitum* de dietas con diferente contenido energético se observa que, a igualdad de porcentaje de grasa intramuscular, la carne de animales alimentados *ad libitum* presenta una mayor terneza. Por tanto, el efecto del nivel de alimentación es superior al de la grasa intramuscular (Warkup y Matthews, 1997; Muriel et al., 2004). Así pues, la alimentación de los animales *ad libitum* tiene una influencia claramente positiva sobre la calidad cárnica, de tal forma que es indiscutible la orientación de trabajos de investigación en esta dirección, en donde en el caso de México se involucren también el uso de ingredientes regionales de tipo alternativo.

Aunado a todo esto, y como ya ha sido mencionado, el factor genético también es importante en la terneza de la carne. La manifestación de este efecto está dado principalmente por la

cantidad de colágeno y su aminoácido representativo que es la Hidroxiprolina en líneas genéticas de conformación corporal magra. Anatómicamente se sabe que casi todos los tejidos, incluyendo al músculo, contienen más de un tipo de colágeno; más aún, es posible encontrar mezclas de diferentes tipos de colágeno en las fibras de colágeno, que son las llamadas fibras heterotípicas (Schilling et al., 2003).

El colágeno, como componente mayoritario del tejido conectivo muscular, es importante en lo que respecta a calidad de carne, debido a que un elevado contenido del mismo afecta a la terneza como también al valor biológico de la proteína cárnica (Bosselmann et al., 1995). Alrededor de un 90 % del colágeno intramuscular está en el perimisio. Con el aumento de la edad del animal existe una modificación progresiva en el tipo de colágeno y un incremento en la concentración de ligaciones cruzadas; estas modificaciones en las características del colágeno son responsables por el endurecimiento de la carne de los animales más viejos, y en el caso de cerdos también de los animales con mayor porcentaje de magrés, y particularmente los animales susceptibles al gen del estrés porcino (Gispert et al., 2003). El colágeno es sintetizado dentro de la célula, pero una parte es segregada fuera de la célula y actúa en el medio extracelular.

Los pasos de la formación del colágeno resultan en una molécula con estructura de triple hélice, con una secuencia de aminoácidos que se repite: glicina-prolina-Hidroxiprolina, y un peso molecular de 300.000 Da (Mc Cormick, 1994). El contenido de prolina es mayor que en otras proteínas, y la 4-hidroxiprolina (OH-pro) es un aminoácido exclusivo del colágeno. La secuencia glicina-prolina-hidroxiprolina ocurre con mucha frecuencia en la cadena de colágeno, dando a esta molécula su característica especial de ser un componente fibroso (Stryer, 1995; Schilling et al., 2003).

La concentración de colágeno en la mayoría de los músculos es pequeña, si se compara con la concentración en otros tejidos. El epimisio es separado fácilmente del músculo y no se le considera en la textura de la carne. El perimisio y el endomisio, que no pueden ser separados de la carne, constituyen el tejido conectivo intramuscular (TCI). El perimisio comprende alrededor del 90 % del TCI y a él son atribuidas las variaciones en el tejido conectivo relacionadas con la calidad de la carne. El papel del endomisio en las alteraciones de la textura de la carne aun no ha sido todavía bien estudiado; sin embargo, cambios en el diámetro de las células y el líquido después del calentamiento fueron atribuidos a la contracción del endomisio



y de la membrana basal asociada. Existe muy poca variación en la concentración del colágeno del músculo esquelético con el crecimiento y el aumento de la edad del animal. En general, los cambios en las concentraciones de colágeno muscular son mínimos, lo que indica que la síntesis, el aumento o las mudanzas de las proteínas celulares y extracelulares del músculo permanecen en equilibrio durante casi toda la vida del animal. (Stryer, 1995).

Una excepción son las elevadas concentraciones de colágeno en los músculos de animales más jóvenes que no sean portadores del gen del estrés, con respecto a las de los animales más viejos y portadores del gen del estrés. Es de resaltar que la concentración de colágeno muscular es con frecuencia más alta en los animales enteros que en los castrados. La concentración de los enlaces no reducibles en animales menores de un año en el caso de bovinos, es de 50 % a más que los valores obtenidos en animales con 5 a 7 años de edad (McCormick, 1994). Existen algunas diferencias de terneza en la carne de las diferentes especies animales, las que reflejan su textura. La menor dureza de la carne de cerdo, comparada con la de bovino, fue primero atribuida a una menor cantidad de tejido conectivo; sin embargo, esta cantidad es similar tanto en la carne de cerdo como en la de bovino. Más adelante se descubrió que es el estado del tejido conectivo el que tiene un papel esencial, la carne que presenta tejido conectivo fácil de degradar por el calor posee una estructura más tierna que aquella con un tejido más resistente al tratamiento térmico (Prändl et al., 1994).

Stanton & Light (1990) establecieron que el tejido muscular contiene de 1 a 6 % de colágeno con relación al peso; y Dransfield (1977), relató que la concentración de colágeno total en los 18 músculos por él estudiados, varió de 2.2 a 5.6 % del peso seco total.

Miller et al. (1983), relataron valores de 11,0 y 12,6 mg/g en la carne de bovinos machos castrados de 2 y hasta 5 años de edad, cuyas canales fueron identificadas como nuevas o viejas de acuerdo con la categorización establecida por el USDA (United States Department of Agriculture), basada en la madurez fisiológica del animal.

Hill (1965), encontró valores de  $1.30 \pm 0.26$  % de colágeno total en músculos esternomandibulares de bovinos machos castrados Friesian de 10 meses de edad; y de  $1.74 \pm 0.16$  % para animales de 22 meses de edad. Para el mismo músculo de bovinos machos castrados cruce Hereford de 2 años de edad, los valores reportados fueron de  $1.48 \pm 0.16$  % de colágeno total.

Kolar (1990), estableció valores que varían de 0.11 hasta 0.88 % de OH-pro para muestras de carne y de productos cárnicos.

En el caso de muestras de carne bovina molida procesadas en el laboratorio, los valores encontrados variaron de 0.18 % hasta 0.24 % para OH-pro, y de 1.42 % hasta 1.95 % para el colágeno (Alvares et al, 2002).

Boleman et al. (1996), en un trabajo hecho con vacas sin suplementación de una dieta alta en energía, encontraron valores de 3.78 mg/Kg. para colágeno total. La técnica utilizada estuvo basada en la determinación de OH-prolina de acuerdo con el procedimiento de Bergman & Loxley (1963); el colágeno fue determinado de acuerdo con Cross et al. (1965).

Bruas-Reignier & Brun-Bellut (1996), trabajando con toros jóvenes de la raza Holstein, con 18.9 meses de edad promedio, faenados en las condiciones industriales normales, sin estimulación eléctrica, en muestras del músculo *Longissimus dorsi* envasadas al vacío y maduradas a 4 °C durante 3, 5, 7, 10 y 14 días, informaron valores de colágeno total, 3 días *post mortem*, de 1.9 (contenido estimado por la cantidad de nitrógeno en la hidroxiprolina por nitrógeno total, expresada en mg N/g NT). La metodología empleada fue la de Bonnet & Kopp (1986), basada en el contenido de OH-pro del músculo.

Whipple et al. (1990), trabajaron con músculos *Longissimus dorsi* de animales mestizos *Bos indicus* y *Bos taurus* para evaluar las diferencias biológicas en la terneza. Las muestras fueron retiradas 1 hora *post mortem* de las medias carcasas derechas e izquierdas, a la altura de la quinta y sexta costillas. Las carcasas no fueron eléctricamente estimuladas y fueron refrigeradas a -1 °C durante 24 horas. Las muestras fueron analizadas 1 y 14 días *post mortem*; y el contenido de OH-pro fue determinado con el método de Bergman & Loxley \*.

Alvarez et al., 2001, analizando carne de bovino en maduración por 21 días, para determinar el contenido de colágeno e hidroxiprolina, no encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre las diferentes edades para los porcentajes de OH-pro, aunque el bife angosto de los bovinos machos castrados de 18 a 24 meses de edad presentó cantidades menores de OH-pro (0.0967 % vs. 0.1031 %).

Tampoco hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en lo que respecta al porcentaje de colágeno total, siendo de resaltar que los animales más jóvenes presentaron también un porcentaje menor de colágeno (0.7740 % vs. 0.8245 %).

Para OH-pro, los resultados encontrados en este trabajo son semejantes al menor valor (0,11 %) reportado por Kolar (1990), y Alvarez (2001).

En lo que respecta a colágeno total, las cantidades halladas en el trabajo de Álvarez et al., (2001) (0.7740 % y 0.8245 %) están cercanas al menor valor citado en la bibliografía consultada (Stanton & Light, 1990; Dransfield, 1977).

Los menores valores reportados en los trabajos de Alvarez et al., (2001), tanto para OH-pro como para colágeno, podrían deberse a la acción de las enzimas proteolíticas sobre el colágeno durante los 21 días que duró la maduración, y los valores de colágeno total reportados, son superiores a los encontrados por Whipple et al. (1990). Considerando que el contenido de colágeno e Hidroxiprolina son similares a los reportados para cerdos, y dado que este atributo, es un importante indicador de la terneza de la carne, los resultados en este trabajo son concordantes con los resultados reportados en la literatura revisada, por tanto es probable que la terneza de la carne proveniente de cerdos portadores del Gen Hal Nn y no portadores del Gen (NN), se mostrará con mayor dureza al consumo ligada a la mayor cantidad del aminoácido Hidroxiprolina.

Ahora bien si se considera que la tendencia de los porcicultores mexicanos y las casas comerciales que ofertan material genético, ha sido desde hace ya casi dos décadas a la utilización de animales con una capacidad cada vez mayor para deposición de magro, y aunado a esto, la utilización cada vez mas difundida de aditivos que potencialicen esta capacidad, es probable que aun cuando los animales alcancen el peso de mercado, la cantidad de hidroxiprolina pueda presentar diferencias solo numéricas, pero el grado de terneza de la carne de estos animales pueda ser baja, dada la cantidad del aminoácido.

En el caso del tejido graso, éste es considerado como un importante indicador dentro de la calidad de la carne de cerdo, principalmente si se considera, como ya fue mencionado, la tendencia tan marcada hacia la obtención animales más magros con poco contenido de grasa. Sin embargo, la carne de cerdo, disponible actualmente para el consumidor, no debe merecer

los conceptos erróneos, en el sentido de que es grasosa, y de consecuencias fatales para la salud humana. Por el contrario, se trata de un alimento nutritivo, y con características exquisitas, perfectamente balanceado en su composición y que, por su contenido de nutrimentos, debería ocupar mas espacio en la dieta de los consumidores. En general se considera que la grasa y en consecuencia el colesterol son aspectos indeseables de la carne de cerdo, sin embargo en los últimos años, con los esfuerzos conjuntos tanto de genetistas como de los criadores de cerdos, se ha logrado una disminución significativa de este parámetro. (Word et al., 2002). De 1980 a la fecha, la disminución ha sido de 31% en el contenido de grasa, 14% de calorías y 10% de colesterol. Todo gracias a las secuencias de cruza y selección genética de animales superiores (Mejía, 2002). El porcentaje de magrés, se consideraba en 1980 del 50%, y actualmente se estima que debe ser de un 56%. Por otro lado, se sabe que el 70% de la grasa del animal se encuentra localizada debajo de la piel, y solamente el 30% se encuentra distribuida en el resto del cuerpo del cerdo. En el interior del músculo se encuentra apenas un 1.1 a 2.4% de la grasa, que es una cantidad similar a la contenida a la carne de pollo, y menor que la carne de bovino. Contiene además un 65% de grasas insaturadas y un 35% de saturadas, lo cual desde el punto de vista nutricional es preferible. También es rico en ácido linoléico el cual neutraliza eficazmente los efectos negativos del ácido palmítico que es un ácido graso saturado (Freda, 2001; Mejía, 2002; USDA, 2002). Sin embargo, aun cuando las características nutritivas de la carne de cerdo actuales y su bajo contenido en grasas saturadas, si se considera el objeto del presente estudio en relación al gen del estrés porcino, presenta ciertas limitantes por los mecanismos oxidativos que se desencadenan en la carne de cerdo y que propician en cierta medida la aparición de carnes PSE, mostrando diferencias significativas en cuanto al perfil de ácidos grasos contenido en la carne. En General se observa que la mayor proporción la constituye el ácido oleico, seguido por el ácido palmítico y el ácido linoleico que no mostraron diferencias significativas. Les sigue el ácido esteárico, manifestando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre genotipos, siendo mayor su concentración en los machos Nn, con respecto de las hembras Nn y ambos sexos en los NN. El que menor concentración tuvo fue el behénico y en donde no se observo diferencia significativa ni entre genotipos ni sexos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros trabajos, considerando líneas genéticas no portadoras del Gen del estrés (NN; Yorkshire, Dúroc y Hampshire) y otras consideradas como portadoras (Nn y nn; Lándrace y Pietrain), en cuanto al ácido oleico, discordando en la concentración del siguiente ácido, esteárico (Araujo, et al., 1998; Mejía, 2002) y palmítico (Cameron et al., 2000; Maw et al., 2003). En cuanto a los ácidos grasos de menor concentración, se encontraron también

concordancias, entre los ácidos linolénico, araquidónico, behénico (Cameron et al., 2000; Mejía, 2002; Maw et al., 2003).

Por otro lado, si se considera la cantidad total de ácidos grasos encontrada en este estudio, aun cuando no se muestran diferencias significativas y éstas son solo numéricas, se observa que la mayor concentración total de ácidos grasos, se manifiesta en los animales portadores de Gen del estrés, concordando este dato con el de grasa cruda, encontrado en el AQP, de tal forma que la posibilidad de favorecerse un proceso oxidativo en la grasa contenida en la carne de cerdos que pudieran ser portadores del Gen del Estrés, en el periodo post mortem, debe considerarse como alta, principalmente si se considera que los sistemas de embarque, transporte, medio ambiente, ayuno, tratamiento post mortem y sacrificio en México, aun no están del todo acordes con las condiciones deseables, al menos para que esta variación no signifique un factor predisponente en la presentación de carnes PSE.

Se ha observado también que otro aspecto que afecta la calidad de la carne fresca de cerdo conservada por fermentación láctica, son los ácidos grasos libres. Montilva y col. (1993) mencionan que las reacciones de oxidación de lípidos se favorecen con los ácidos grasos libres. Aún cuando estas reacciones contribuyen a producir el sabor característico de productos cárnicos fermentados, en la conservación de la carne fresca no son deseables, pues hay una mayor formación de estos ácidos en muestras de carne fermentada. Este efecto es mayor a temperaturas de almacenamiento de alrededor de 20°C. Si se utilizan de *Staphylococcus carnosus* y *Lactobacillus alimentarius*, con la primera cepa se presenta menor formación de los ácidos grasos libres. Los ácidos que se formaron en mayores concentraciones fueron: linolénico, oleico, palmítico y linoléico (Kouba et al., 2003).

Por otro lado, la importancia de buscar los ácidos grasos insaturados en la carne de cerdo, es debido a que son los que por una parte, determinan las características sensoriales, tan importantes como la jugosidad, brillo, dureza y aroma de los productos terminados, y por otra parte, es que biomédicamente son mas fáciles de metabolizar, acumulándose en menor cantidad en el sistema circulatorio en el humano, y en consecuencia propiciando menos problemas de salud (Araujo et al., 1998; Mejía, 2002; King et al., 2004; Joo et al., 2002).

Como un comentario adicional, es importante considerar que actualmente existen técnicas que sin duda, ofrecen una opción importante en el análisis tanto de la calidad de la canal como de

la carne fresca aun en el periodo ante mortem y desde luego post mortem en centros de sacrificio de animales. Esta técnica es sin duda la técnica de análisis de imagen, que se basa en la adquisición y digitalización de una imagen captada mediante una toma de vídeo a la que se adapta un objetivo óptico (fotográfico, microscópico, etc.) La digitalización convierte la imagen grabada en una matriz de puntos, que son identificados en soporte informático en función de sus coordenadas, entre otras, de posición, de luminosidad y de color (Swatland, 1995). De esta forma, en la imagen digitalizada, se podrán realizar múltiples mediciones de longitudes, perímetros o áreas, conteo de células o partículas, medidas de color, de densidad, etc. Toda la información que proporciona la imagen permite numerosas aplicaciones dentro del campo de la Producción Animal (Van der Stuyft *et al.*, 1991). Así, por ejemplo, Turner *et al.* (1988) describieron más de 90 potenciales aplicaciones de esta técnica en la producción porcina.

En el caso de la medición del color, las aplicaciones del análisis de imagen se centran en la medida de la superficie de metamioglobina de la carne. La medida de la concentración de la metamioglobina, como es sabido, es un indicador de la intensidad de los procesos de oxidación de pigmentos de la carne, de forma que tasas altas de metamioglobina son las responsables de la aparición de zonas de coloración marrón en la superficie de la carne fresca. Los métodos utilizados para determinar dicha concentración son variados y complejos: el método de extracción de pigmentos (Chen y Trout, 1991; Demos y Mandigo, 1996) o el método de la proporción K/S (Kryzwicki, 1979). Sin embargo, Demos *et al.* (1996) proponen la utilización del análisis de imagen para la determinación de la superficie de mioglobina en la carne, ya que observaron que mediante la medida de los parámetros tono, brillo e intensidad podían explicar el 93 % de la variación de la superficie de metamioglobina de la carne, concluyendo que el análisis de imagen es un método rápido y objetivo de medida de dicho parámetro.

Ahora bien, en México, el gobierno federal en marzo del 2003 diseñó un proyecto de marca, como apoyo a la porcicultura, denominado “MEXICO CALIDAD SELECTA”, que consta de un pliego de condiciones para el uso de marcas oficiales de la carne de cerdo, que se ha elaborado de conformidad con lo previsto para las marcas oficiales en el artículo 3º, fracción IV-A, 73 y en el Capítulo III del Título IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como en los artículos 84, 85 y 86 del Reglamento de dicha Ley.

Esta es una de las razones por las cuales la industria porcícola en México debe crecer para satisfacer la demanda del consumidor a nivel nacional e internacional, comprometiéndose el sector a producir carne y productos de cerdo más seguros, de la más alta calidad y consistencia en el mundo.

La industria de ganado porcino en México debe intensificar sus esfuerzos relativos a la calidad de la carne de cerdo, considerando las expectativas del consumidor y estableciendo como meta la satisfacción total del mismo.

Cualquier lista de factores que afectan la habilidad de la industria porcícola para lograr el éxito en mercados nacionales o internacionales deberá incluir la calidad del producto. Este énfasis en la selección de carne baja en grasa ha resultado en una selección indirecta sobre los factores de calidad asociados con el sabor, jugosidad, suavidad, color y capacidad de retención de agua.

Con la intención de dar un valor agregado a la producción de carne de cerdo (o industria porcícola), los productores, asociaciones, organismos y entidades gubernamentales han emitido el pliego de condiciones para evaluar la calidad de la carne de cerdo y otorgar un sello o marca oficial que lo distinga en mercados nacionales e internacionales.

Aunque la alimentación juega un papel determinante en ciertos atributos de calidad, pero en la mayoría de los casos se debe considerar su interrelación con otros aspectos del proceso productivo como genética, manejo y sacrificio.

Es vital la comprensión de mecanismos fisiológicos involucrados en cada atributo para desarrollar estrategias prácticas que permitan maximizar la calidad en cada punto crítico de la cadena productiva de la carne. La cooperación y coordinación del conjunto de procesos en los diferentes segmentos de la cadena cárnica, es imprescindible para producir carne de la máxima calidad y dar respuesta a las expectativas de consumidor (IMNC, 2003).

## 9. CONCLUSIONES

1. Mediante la prueba de Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR) en los animales considerados en este estudio, y dado que fueron animales de distintas regiones, se debe considerar que el valor de frecuencia para el gen del estrés porcino, es alto para el estado de Jalisco (24.70%).
2. Las diferencias entre genotipos con respecto al Análisis Químico Proximal de carne de cerdo, estriban principalmente en Materia Seca, Proteína Cruda y Grasa Cruda, siendo significativamente mayor su concentración en los animales con genotipos Nn con respecto de los NN.
3. La concentración de Mioglobina y Metamioglobina, como indicadores del color y la oxidación de la carne de cerdo, no mostraron diferencias significativas ni entre genotipos y sexos dentro de cada genotipo (NN y Nn).
4. La concentración de Hidroxiprolina como un indicador de la ternura de la carne de cerdo, mostró solo diferencias numéricas entre genotipos y sexos.
5. Solo se encontraron diferencias numéricas en los ácidos oleico, palmítico, linoleico, linolénico y behénico; y diferencias estadísticas en esteárico, mirístico y araquidónico.
6. Los ácidos grasos insaturados proporcionalmente son en cantidad mayores que los ácidos grasos saturados, mostrando diferencia estadística entre ellos.
7. Es necesario el diseño de trabajos tendientes a la identificación de este gen como un factor predisponente y su interacción con los factores de alimentación, manejo durante el transporte y manejo durante el periodo *antemortem*.



## 10. BIBLIOGRAFÍA:

Abascal, T, G. A. (1998). La Calidad de la Carne de Cerdo. Porcicultores y su Entorno. Año I, No. 3 pp 30. Mayo-Junio.

Alasnier C, G Gandemer. (2000). Activities of phospholipases A and lysophospholipases in glycolitic and oxidative skeletal muscles in the rabbit. Journal of the Science of Food & Agricultura No. 80. Sigue 6. pp 698-702.

Andersen HJ. (1999). What is Pork Quality?. In Proceedings of 50<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Zurich, Switzerland, 22-26<sup>th</sup> August.

Andersson L., A.L. Archibald, J. Gellin, L.B. Schook.. (1993). 1st Pig Gene Mapping Workshop (PGM 1), 7 August 1992, Interlaken, Switzerland. Animal Genetics 24:205-216.

Álvarez, M.I.I. Moreira, D.S., Wagner, L. (2001). Evaluación del porcentaje de colágeno total del bife angosto (músculo Longissimus dorsi) de bovinos machos castrados mestizos Nelore. Informe de Proyecto V/025/Veterinarias. Universidad Federal Minas Gerais. Belo Horizonte. MG. Brasil.

Andres AI, R Cava, AI Mayoral, JF Tejada, D Morcuende, J Ruiz. (2001). Oxidative Stability and fatty acid composition of pig muscle as affected by rearing system crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. Meat Science No. 59. pp 39-47.

Araujo de VC, De Padilla FC, Martin E. (1998). Fatty acid composition de beef and poultry fresh cuts, and some of their processed products. Arch. Latinoam. Nutr. Dec. 48(4): 354-358.

Archibald AL. and P. Imlah. (1985). The halothane sensitivity locus and its linkage relationships. Animal Blood Groups and Biochemical Genetics 16:253-263.

Asa, J., Von, S.G., Tornberg, E. (2003). Sensory quality and the incidence of PSE of pork in relation to corssbreed and RN phenotype. Meat Science No. 65, 651-660.

- A.O.A.C. (2000). Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. Ed. A.O.A.C.. Washington, D.C., U.S.A.
- B de M. (2002). Estadísticas Económicas de México. Sistema de Información de Estadística del Banco de México.
- Backus, G.B.C., Van Wagenberg, C.P.A. y Verdoes, N. (1998). Environmental impact on pig production. *Meat Science* 49, S65-S72.
- Barton G, P. (1997). In: *Manipulating Pig Production VI*. Ed. P.D. Cranwell. Australasian Pig Sci. Assoc. pp: 100-123.
- Benlloch, A. (1999). In: *New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat*. Ed. Fisher. New Jersey State University. USA
- Benito J, C. Vázquez, C. Menaya, J.L. Ferrara, J.M. Garcia-Casco, L. Sillio, J. Rodriguez y M.C. Rodríguez. (2000). Evaluation of the productive parameters in different strains of Iberian pig. In *CIHEAM (Eds), Tradition and Innovation in Mediterranean Pig Production*. ( Serie A. No. 41; pp. 113-121), Zaragoza.
- Bergman, I. y Loxley, R. (1963). Two improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline. *Anal. Chem.* 35: 1961.
- Blasco, A., P. Gou, M. Gispert, J. Estany, J. Soler, J. Tibau y A. Diestre. (1993). Comparison of five types of five crosses: I. Growth and carcass traits. *Livest. Prod. Sci.*
- Boleman, S.J., Miller, R.K., Buyck, M.J., Cross, H. R., y Savell, J.W. (1996). Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. *Journal of Animal Science*, V. 74, p. 2187-2194.
- Bonnet, M. & Kopp, J. *Bull. Techn.* (1986). CRZV Theix INRA. 60,25.

- Bosselmann, A., Möller, C., Steinhart, H., Kirchgessner, M., Schwarz, F. J. (1995). Pyridinoline cross-links in bovine muscle collagen. *Journal of Food Science*, v. 60, n. 5, p. 953-958,
- Brannaman, J.L., L.L. Christian, M.F. Rothschild and E.A. Kline. (1984). Prediction equations for estimating lean quantity in 15 - to 50-kg pigs. *J. Anim. Sci.* 59:991.
- Bray, R.W. (1966). Pork quality- definition, characteristics and significance. *J. Anim. Sci.* 25:839.
- Brening, B and G. Brem. (1992). Genomic organization and analysis of the 5' end of the porcine ryanodine receptor gene (ryr1). *FEBS letters.* 298:277-299.
- Bruas-Reignier, F., Brun-Bellut, J. (1996). Changes affecting the Longissimus dorsi, Triceps brachii caput longum and Rectus femoris muscles of young Friesian bulls during meat aging. *Meat Science*, v. 43, n. 3-4, p.335-344.
- Cameron, M. Enser, G.R. Nute, F.M. Whittington, J.C. Penman, A.C. Fisker, A.M. Perry and J.D. Wood. (2000), Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. *Meat Science* **55** 2 pp. 187–195.
- Cassens, R.G., F.J. Giesler and Q.E. Kolb (Eds.). (1972). *The Proceedings of the Pork Quality Symposium.* U.WI. Ext. pub. 72-0 Madison, WI.
- Cassens, R.G., D.N. Marple and G. Eikelenboom. (1975). Animal physiology and meat quality. In: C.O. Chichester, E.M. Mraak and G.F. Stewart (Eds.) *Advances in Food Research*, 21:71 Academic Press, New York, NY.
- Cassens, R.G. (1999). En: *New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat.* Ed. F.
- Chen C.M., Trout G.R., (1991). Color and its stability in restructured beef steaks during frozen storage: effects of various binders. *J. Food Sci.* 56, 1461-1464.

Coma J. y J. Piquer. (2000). Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Calidad de la Carne en Porcinos. Grupo Vall Company. FEDNA. España.

Cuarón I.J. M.A. Velázquez, L.J. Cervantes y M.A. Angeles. (1992). Propuesta para la clasificación de canales de cerdo en México. En: Desarrollo Porcícola. No. 3 pp 18-21.

Desmoulin, B. Qualité des carcasses. (1986) .En: Le porc et son élevage bases scientifiques et techniques. Ed: J.M. Pérez, P. Mornet y A. Rerat. Maloine. Francia. Pp 431-460.

Demos B.P., Gerrard D.E., Gao X., Tan J., Mandigo R.W., (1996). Utilization of image processing to quantitative surface metmyoglobin on fresh beef. Meat Science 43 (3-4), 265-274.

Demos B.P., Mandigo R.W. (1996). Color of fresh, frozen and cooked ground beef patties manufactured with mechanically recovered neck bone lean. Meat Science 42 (4), 415-429.

Des Raj. (1992). Teoría del Muestreo. Fondo de Cultura Económica S.A. de C.V. Ed. McGraw-Hill, México.

Devries, A.G., Faucitano, L., Sosnicki, A. y Plastow, G.S.. (1999). En: New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat. Ed. F. Toldrá y D.J. Troy. Fundación Vaquero, Spain. pp: 73-89.

Diestre A., J.A. Garcia-Macias, M.A.Oliver, A. Miguel, E. Esteve, P. Alonso, A. Muñoz y M. Gispert. (1993). The effect of slaughter weight and crossbred on pig carcass and meat quality traits. Proc. Of 39<sup>th</sup> ICMST. Calgary, Canadá..

Diestre, A. (1990). Informe de Estudios de Armonización de los Métodos de Clasificación de Canales Porcinos en la C.E.E. IRTA. Girona, España. Mimeógrafo.

Diestre, A. (1994). Criterios de la calidad de la canal y de la carne porcina en mataderos y su repercusión en la producción y la transformación. XVII Simposium de Ganadería Tropical.

- Retos actuales de la Porcicultura Tropical y Temas Selectos de Apicultura. Veracruz, Veracruz. pp 1-14. 24 de Junio.
- Diestre, A. (1994). Influencia del periodo antemortem sobre la mortalidad, el bienestar animal y la calidad en la producción porcina. XVII Simposium de Ganadería Tropical. Retos actuales de la Porcicultura Tropical y Temas Selectos de Apicultura. Veracruz, Veracruz. pp 31-38. 24 de Junio.
- Dransfield, E. (1977). Intramuscular composition and texture of beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 28, n. 9, p. 833-842,.
- Echard G., M Yearle, D. Milan, J. Gellin and A. L. Archibald. (1983). The gene Map of the Pigs (*Sus Scrofa doméstica L.*) 2N=38. In Stephen J. O'Brien (ed) *Genetic Maps, Locus Maps of Complex Genomes Book 4 Nonhuman Vertebrates Sixth Edition*. Cold Spring Harbor Laboratory Press. New York.
- Eggert JM, EB Sheiss, AP Schinckel, JC Forrest, AL Grant, SE Mills, BA Watkins. (1995). Effects of genotype, sex, slaughter weight, and dietary fat on pig growth, carcass composition, and pork quality. Department of Animal Sciences and Food Sciences, Purdue University.
- Eggert JM, E.B. Sheiss, A.P. Schinckel, J.C. Forrest, A.L. Grants, S.E. Mills, and B.A. Watkins. (1995). Effects of the halothane gene on muscle quality and carcass composition of pigs. Department of Animal Sciences and Food Sciences, Purdue University.
- Eikeleboom, G. (1988). Proc. Of the meeting "Pig carcass and meat quality". Univ. Di bologna, R. Regio Emilia, 2-3 June.
- Ellis M, Webb AJ, Avery PJ, Brown I. (1996). .The influence of terminal sire, genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and meat quality of pigs and the organoleptic properties of fresh pork. *J Anim. Sci.* 62:521-530
- Enfält Ann-Charlotte. (1997). Pig Meat Quality. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Science. Pp. 9-31.

Fabrega E, A Diestre, D Carrion, J Font, X Manteca. (2001). Impact of Halothane gene on pre-slaughter mortality in two Spanish pig commercial abattoirs. *Animal Welfare. Inform on meat quality of pigs* IRTA. Girona. Spain. November

Fabrega E, X Manteca, J Font, M Gispert, D Carrion, A Velarde, JI Ruiz- de-la-Torre, A Diestre. (2002). Effects of Halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. *Meat Science*. No 62. Sigue 4. December,

FAO-Stat. (2002). Estadísticas Agropecuarias. Sistema de Información Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Ferreira, V.L., Fernandes, S.V. y Yotsuyanagi, K. (1994). The colour of chicken and pork meat loaf with added cured bovine blood as evaluated by the Rab, Hunter. Lab, and CIE  $L^*a^*b^*$  and XYZ. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 34, 311- 322.

Fisher P, FD Mellet, LC Hoffman. (2000). Halothane genotype and pork quality. I. Carcass and meat quality characteristics of three Halothane genotypes. *Meat Science*. Vol No. 54. pp. 97-105.

Fisher, A.B., Green DM., Whittemore CT., Wood JD., Schofield CP. (2003). Growth of carcass components and its relation with conformation in pigs of three types. *Meat Science* No. 65, 639-650.

Freda HC. (2001). "Factores de riesgo cardiovasculares y nutrición". Department of Nutritional Science. Oklahoma State University. July.

Froysten, T. (1981). Porcine Stress and Meat Quality, causes and possible solutions to the problems. *Agric. Food Res. Soc.*, Aas, Norway.

Fujii J., K. Otsu, F. Zorzato, S. de Leon, V. K. Khanna, J.E. Weller, P.J. O'Brien and D.H. Mac Lennan (1991). Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor that is associated with malignant hyperthermia. *J. Anim Science*. 253:448-451.

- Galindo GJ. (2000). Calidad de la canal y la carne, de cerdos para abasto, asociada al Gen del Halotano. Tesis de Maestría. CUCBA-Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- Gandemer G. (2002). Lipids and Muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science* No 62. Issue 3. pp 309-321.
- Garcia-Macias JA, M Gispert, MA Oliver, A Diestre, P Alonso, A Muñoz-Luna, K Signes, D Cuthbert-Heavans. (1996). The Effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pig carcasses. *Animal Science* No. 63:487-493.
- Ganhe B. and R.K. Juneja. (1985). Prediction of the halothane (Hal) genotypes of pigs by deducing Hal, Phi, Po2, Pgd haplotypes of parents and offspring: results from a large-scale practice in Swedish breeds. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 16:265:283.
- Geesink G. H, F H Schreutelkamp, R Frankhuizen, H W Vedder, N M Faber, R W Kranen and M A Gerritzen. (2003). Prediction of pork quality attributes from near infrared reflectance spectra. *Meat Science*. Vol 65, No. 1. Pages 661-668. Sept.
- Gispert M, L Faucitano, MA Oliver, MD Guardia, C Coll, K Signes, K Harvey, A Diestre. A (2000). Survey of pre-slaughter conditions, Halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. I. *Meat Science* No. 55:97-106.
- Gispert, M. y Diestre, A. En: Jornada técnica: factores que afectan la eficiencia productiva y la calidad en el porcino Ed. IRTA, Vic, Barcelona. 1999
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M.A., Guardia, M.D., Siggins, K. y Harvey, K.. 2003. Survey of pre-slaughter conditions, Halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs . II. *Meat Sci*.
- Glodek P., J.N. Meyer and H.G. Brunken. (1985). Associations between marker genotypes,halothane reaction, creatine kinase activity and meat quality characters in a sample of German Landrace pigs. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 16:319-327..

- Gridale, B., M. Hayenga., H.C. Cross., L.L. Christian., D.J. Meisinger and R.G. Kauffman. (1984). Establishing practical guidelines for pricing market swine. *J. Anim. Sci.* 59:4 883-891.
- Guerrero, L.I. y Arteaga, M.R. (1990). *Tecnología de Carnes. Elaboración y Preservación de Productos Cárnicos*. Editorial Limusa, , México, D.F.
- Guerrero, I., Mendiola, R., Ponce, E. y Prado, A. (1995). Inoculation of lactic acid bacteria on meat substrates as a means of decontamination. *Meat Science* 40, 397-411.
- Hansson I., K. Lundstrom y B. Malmfors. (1975). Effect of sex and weight on growth , feed efficiency and carcass characteristics of pigs. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 5:69-80.
- Harbitz, I., T. Kristensen, M. Bosnes, S. Kran y W. Davies. (1992). DNA sequence of skeletal muscle calcium release channel cDNA and verification of the Arg615-Cys615 mutation, associated with porcine malignant hypertermia in Norwegian Landrace pigs. *Animal Genetics*, 23:395-402..
- Heermesch, S. (1997). En: *Manipulating Pig Production VI*. Ed. P.D. Cromwell. Australasian Pig Sci. Assoc. pp:82-90.
- Hill, F. (1965). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *The Agricultural Institute*, p. 161-166,
- Hoffman DM. (1994). What is Quality?. Definitions, measurement and evaluation of meat quality. *Meat Focus International*. No. 3:73-82.
- Honikel, K.O. (1987). Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Tarrant, P.V., Eikeboom, G. And Monin, G. (eds) *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 273-83.



- Houde A., S.A. Pommier and R. Roy. (1993). .Detection of the Ryanodine Receptor Mutation Associated with Malignant Hypertermia in Purebred Swine Populations. J. Anim. Sci. 71:1414-1418.
- IMNC A.C. (2003). México Calidad Selecta. Pliego de condiciones para el uso de marcas oficiales de carne de cerdo. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.. Mexico DF. Marzo.
- ISO-3496. (1978). Meat and meat products- Determination of L(-)-hidroxiprolina content (Reference Method) International Standard ISO-3496. Ref. No. ISO-3496-1978 (E)
- Johnson, L.P., M.F. Miller., K.D. Haydon and J.O. Reagan. (1990). The prediction of percentage fat in pork carcass. J. Anim. Sci. 68:4185-4192.
- Joo, S.T., Lee, J.I., Ha, I.L., Park, G.B. (2002). Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color and water holding capacity of pork loin. J. Anim.Sci. 80 (1), 108-112.
- Juncher D, B Ronn, ET Mortensen, P Henckel, A Karlsson, LH Skibsted, G Bertelsen. (2001). Effect of pre-slaughter physiological conditions of the oxidative stability of colour and lipid during chill storage on pork. Meat Science No. 58:347-357.
- Kallweit, E. (1981). Porcine Strees and Meat Quality, cuses and posible solutions to the problems. Agric. Food Res. Soc., Ass, Norway.
- King, D.A., Behrends, J.M., Jenschke, B.E., Rhoades, R.D., Smith, S.B. (2004). Positional distribution of fatty acids in triacylglycerols from subcutaneous adipose tissue of pigs fed diets enriched with conjugated linoleic acid, corn oil, or beef tallow. Meat Science No. 67, 675-681.
- Kolar, K. (1990). Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content in meat and meat products: NMKL collaborative studio. Journal Association Official Analitical Chemistry, v. 73, n. 1.

- Kouba, M., Enser, M., Whittington, F.M., Nute, G.R., Wood, J.D. (2003). Effect of a high linoleic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. *J. Anim Sci.* No. 81, 1967-1969.
- Krzywicki, K., 1979. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Science* 3 (1), 1-10.
- Lambooy E. Transport of pigs. In: T. Grandin. (2000). (Ed.), *Livestock Handling and Transport*. Pp. 275-297. Wallingford, UK: CAB International.
- López-Bote CJ. (1998). Sustained Utilization of the Iberian pig breed. *Meat Science*. No. 49: S17-S27.
- López, de T.G. & B.M. Carballo G. (1991). *Manual de Bioquímica y Tecnología de la Carne*. Ed. A. Madrid Vicente. Pp 15-35. Madrid, España.
- López de la M A, L Maya. (2001). Determinación de Ácidos Grasos por el Método de Trifloruro de Boro. *Manual de técnicas del Laboratorio de Síntesis Orgánica y Cromatografía del Instituto de Madera Celulosa y Papel. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco.*
- Mc Lennan. (1991). Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor that is associated with malignant hyperthermia. *Science*: -253:448-451.
- Mc Cormick, R. J. (1994). The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Science*, v. 36, n. 1 & 2 , p.79-91.
- Madrazo, V. A. (1998). Clasificación de Canales Porcinas. *Porcicultores y su Entorno*. Año I, No. 3. Pp. 8. Mayo-Junio.
- Mariani P., M. Johansson H. Ellegren, I. Harbitz, R.K. Juneja and L. Andersson. (1992). Multiple restriction fragment length polymorphisms in the porcine calcium channel gene (CRC): assignment to the halothane (HAL) linkage group. *Animal Genetics*, 23:257-262.

Mariscal, L. G. (1994). Alimentación y Calidad de la Canal .XVII Simposium de Ganadería Tropical. Retos actuales de la Porcicultura Tropical y Temas Selectos de Apicultura. Veracruz, Veracruz. pp 15-30 24 de Junio.

Mayes AL. (2003). Lípidos y ácidos grasos de importancia fisiológica. En Bioquímica de Harper. Editorial el manual Moderno.

Maw SJ, VR Fowler, M Hamilton, A M. (2003). Petchey Physical characteristics of pig fat and their relation to fatty acid composition. Meat Science. Vol. 63, No. 2. Pages 185-190. February

Mejía AA. (2002). Perfil de Ácidos Grasos en la Grasa Dorsal y Muscular de la pierna de las Cruzas de Cerdo Pelón Mexicano (Sus Scrofa) con razas comerciales. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Compostela, Nayarit. Agosto.

Mejía, G.C.A., B.M. Montaña, M.A. Velázquez y I.J.Cuarón. (1997). Predicción Ultrasonográfica del rendimiento magro en cerdos. Memorias de la Reunión Anual de Investigación Pecuaria en México. Veracruz, p. 56.

Mendizábal JA, V Goñi. (2001). Aplicaciones de la técnica de análisis de imagen en la determinación de la calidad de la canal y de la carne (Revisión). Invest. Agr.:Prod. Sanid. Anim. Vol. 16 (1), (PDF).

Michel G. and J.J.A. Heffron. (1982). Porcine Stress Syndromes. Advances in Food Research 28: 167-230.

Miller, R. K., Tatum, J. D., Cross, H. R., Bowling, R. A., Clayton, R. P. (1983). Effects of carcass maturity on collagen solubility and palatability of beef from grain-finished steers. Journal of Food Science, v. 48, p. 484-525.

Minor-Pérez H, E Ponce-Alquicira, S Macias-Bravo, I Guerrero-Legarreta. . (2002). Conservación de la carne fresca de cerdo por fermentación láctica: efecto sobre el color, la

textura y la formación de los ácidos grasos libres. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 1 pp. 73-80.

Mireles FS. (2003). Propuesta de un sistema de clasificación de canales de cerdo para el Estado de Jalisco. Tesis de Maestría. CUCBA-Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.

MLC. (1989) Stotfold Pig Development Unit.: First Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK.

MLC. (1992). Stotfold Pig Development Unit.: Second Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK.

MLC. (1998). Phase-feeding: Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK.

Moelich EI, LC Hoffman, PJ Conradie. (2003). Sensory and functional meat quality characteristics of pork derived from three halothane genotypes. *Meat Science* No. 63, Issue 3. pp. 333-338.

Montilva, M.J., Toldrá, F., Nieto, P. y Flores, J. (1993). Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham. *Food Chemistry* 48, 121-125.

Moss, B.W. (1984). European meeting of meat Research Workers. 30:20-21.

Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Petró, M.J., Antequera, T. (2004). Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science* No. 67, 299-307.

Murray A, W Robertson, F Nattress, A Fortin. (2001). Effect of Pre-slaughter overnight feed withdrawal on pig and carcass muscle quality. *Canadian Journal of Animal Science* No. 81:89-97.

Nicholas F.W. (1990). *Genética Veterinaria*. Editorial Acribia. 3a de. Zaragoza, España.

Nogera J. L., L. Alfonso, D. Babot, J. Estany and A. Sanchez. (1994). The effect of the Genotype in the Hal locus on economic traits in pigs. Proceeding of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 17:442-445.

Norman JL, E P Berg, H Heymann and C L Lorenzen. (2003). Pork loin color relative to sensory and instrumental tenderness and consumer acceptance. Meat Science. Vol. 65 No. 2. October 2003, Pages 927-933.

Núñez E, A Mejía. (2002). Determinación de Ácidos Grasos por el Método de Trifloruro de Boro, y Mioglobina y Metamioglobina por espectrofotometría. Manual de Técnicas del Laboratorio de Síntesis Orgánica y Cromatografía del Instituto de Madera Celulosa y Papel. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. Universidad de Guadalajara. (Modificación; sin publicar). Zapopan, Jalisco.

NPPC. (2000). Pork composition and quality assessment procedures. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

O'Brien P.J.. (1986). Porcine malignant hyperthermia: Anormal Ca<sup>2+</sup> homeostasis by muscle sarcoplasmic reticulum. Isr.J. Vet. Med. 42:245-252.

O'Brien P.J., H. Shen, R. Cory and X. Zhang. (1993). Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) in 10,000 breeding swine. JAVMA 203:842-851.

Oliver, M.A., M. Gispert, A. Diestre. (1993<sup>a</sup>). The effects of breed and halothane sensitivity on pig meat quality. Meat Science 35:105-118..

Oliver, M.A., M. Gispert, A. Diestre. (1990). Estudio del pH de los músculos Longissimus dorsi y Semimembranosus en canales porcinas comerciales. Met. Vet. 5 (1): 45-49.

Orcutt, M.W., J.C. Forrest., M.D. Judge., A.P. Shinckel and C.H Huei. (1990). Practice means for estimating pig carcass composition. J. Anim. Sci. 68:3987-3997.

- Osborne, H.M., Brown, H., Adams, J.B., Ledward, D.A. (2003). High temperature reduction of metmyoglobin in aqueous muscle extracts. *Meat Science* No. 65, 631-637.
- Otsu, K., VK. Khanna, A.L. Archibald and D.H. Mac Lennan. (1991). Cosegregation of porcine malignant hyperthermia and a probable causal mutation in the skeletal muscle ryanodine receptor gene in backcross families. *Genomics*. 11:744-750.
- Pérez D D y Andujar R G. (2000). Cambios de coloración de los productos cárnicos. *Rev Cubana Aliment Nutr*;14(2):114-23
- Picard AM, Andersen JH. (1994). Genetic parameters of beef production and meat quality traits of young charolais bulls progeny of divergently selected sires. *Meat Science*, 36: 333-343.
- Pirchner F. (1983). *Population genetics in Animal Breeding*. Plenum Press, New York.
- Pommier S.A., A- Houde, F. Rousseau and Y. Savoie. (1992). The effect of the malignant hyperthermia genotype as determined by a restriction endonucleas assay on carcass characteristics of comercial crossbred pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 72:973-976.
- Porkworld. (2003). *World Economics Statistics*.
- Poulanne, E. And D.I Demeyer. (1992). *Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors*. Papers presented at an OECD workshop in Helsinki, Finland. June 8-10.
- Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H. (1994). *Tecnología e higiene de la carne*. Editorial Acribia. 1994. p. 138; 723; 762.
- Price FJ y BS Schweigert. (1994). *Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Riley, P.A. Enser, M., Nute, G.R., Word, J.D., (2000). Effect of dietary linseed on nutritional value and other quality aspects of pig muscle and adipose tissue. *J. Anim. Sci.* No. 71, 483-500.

Rodbotten R, Mevik BH y Hildrum, K.I. (2001). Prediction and classification of tenderness in beef from non-invasive diode array detected NIR spectra. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 9, pp. 199–210.

Rodbotten R., Nilsen, B.N. and Hildrum, K.I. (2000). Prediction of beef quality attributes from early post mortem near infrared reflectance spectra. *Food Chemistry* 69, pp. 427–436.

Rodwell D. (2003). Anatomofisiología y Metabolismo del músculo esquelético. En *Bioquímica de Harper*. Editorial el Manual Moderno.

Rohrer G.A., L.J.Alexander, J.W. Keele, T.P. Smith and C.W. Beattie. (1994). A Microsatellite Linkage Map of the Porcine Genome. *Genetics* 136.-231-245.

Rook A.J. and M. Ellis. (1987). Relationship between body chemical composition, physically dissected carcass part and backfat measurements in pigs. *Anim. Prod.* 44:263-273.

Sagarnaga M, J Valencia, C Ramos, J Ma. Salas. (1999). Impacto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en el Sector Porcícola Mexicano. *Memorias Congreso Nacional de Porcicultura*. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

SAGARPA. (2001, 2002 y 2003). .Estadísticas Agropecuarias. Sistema Estadístico de Información Agropecuaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Sánchez Ch. D.R. (2000). Comportamiento Productivo de Líneas Genéticas Terminales, con especial énfasis al Gen del Halotano. Tesis de Maestría. CUCBA-Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.

SAS Institue. (2000). User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. CARY, N.C., SAS Institute Inc.

Sather A.P., S.D.M. Jones, A.K.W. Tong, and C. Murray. (1991). Halothane genotype by weight interactions on pig meat quality. *Can. J. Anim. Sci.* 71:645-658.

Schilling, M.W., Mink, L.E., Gochenour, P.S., Marriot, N.G., Alvarado, Z.C. (2003). Utilization of pork collagen for functionally improvement of boneless cured ham manufactured form pale, soft and exudative pork. *Meat Science* No. 65, 547-553.

SECOFI. (2003). Norma Mexicana NMX-FF-081-SCFI-2003. Productos Pecuarios-Carne de Porcino en Canal-Calidad de la Carne (Cancela a la NMX-FF-081-1993-SECFI).

SEIJAL. (2002). Estadísticas agropecuarias. Sistema Estatal de Información Estadística del Estado de Jalisco.

Sellier, P. y Monin, G. J. (1994). *Muscle Foods* 5: 187-219. 1994

Shields, R.G. Jr., D.C. Mahan y P.L. Graham. (1983). Changes in swine body composition in from birth to 145 Kg. *J. Anim. Sci.* 57:43.

SIACON. (2002). Estadísticas Agropecuarias. Sistema de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA.

Simpson S. P. and A. J. Webb. (1989). Growth and Carcass performance of British Landrace pig Heterozygous at halothane locus. *Anim. Prod.* 49:503-509.

SNIM. (2003). Dinámica de precios del cerdo en México. Sistema Nacional de integración de Mercados. Secretaria de Economía.

Spencer, G.S.G., L.J. Wilkins and K.G. Hallet. (1984). Pork Meat Quality. Proc. European meeting of meat Research Workers. 30:15-16.

Stanton, C., Light, N. (1990). The effects of conditioning on meat collagen: part 3 - evidence of proteolytic damage to endomysial collagen after conditioning. *Meat Science*, v. 27, p. 41-54.

Stryer, L. (1995). (1995). *Biochemistry of meat*. Biochemistry. 4ta. ed. New York: p. 31-32.



- Swatland H.J. (1995). Video Image Analysis. En: On-Line evaluation of meat. Technomic Publishing Company, Inc. USA. pp. 271-290.
- Tadeusz K y R.R Kraeling. (1986). Susceptibilidad al estrés, metabolismo del músculo postmortem y calidad de la carne de cerdo después de la modificación del volumen del fluido vascular y extramuscular. J. Anim. Sci. 1986.62:646-659.
- Toldrá y D.J. Troy. (1999). Parámetros objetivos en la evaluación de la carne de cerdo. Fundación Vaquero, Spain. pp: 1-8.
- Toldrá y D.J. Troy . (1999). La carne de cerdo para la elaboración de curados. Fundación Vaquero, Spain. pp: 185-200
- Turner M.J.B., Benson J.A., Hanley M., Hartwell. (1998). Automatic weight monitoring of pigs-Part 1: Trials of prototype weigh platforms. Divisional Note DN 1459, AFRC Inst. Engng. Res., Silsoe.
- URPJ. (2003). Inventario Porcino y de explotaciones porcícolas en el Estado de Jalisco. Unión Regional de Porcicultores de Estado de Jalisco.
- USDA. (1998). International Agricultural Baseline Projections to 2007. Economic Research Service. Agricultural Economics Report No. 767, August.
- USDA. (2001). Pig Inventory and customer consume in countries of the world. Foreign Agricultural Service. Agricultural Economics Report No. 791, December.
- USDA. (2002). Composition of Foods - Raw, Processed, Prepared. USDA Human Nutrition Information Service. Series 8-5 No. FS/N-003. Enero.
- Van Der Stuyft E., Schofield C.P., Randall J.M., Wambacq P., Goedseels V. (1991). Development and application of computer vision systems for use in livestock production. Computers and Electronics in Agriculture 6, 243-265.

Van Logtestijn, J.G., A.M.T.C. Romme and E. Eikeleboom. (1982). Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Curr. Topics Vet. Med. Anim. Sci. 18. Martinus Nijhoff, The Hauge. Netherland.

Van Oeckel MJ, N Warnants, ChV BouecqueP Delputte y J Depuydt. (2001). The preference of the consumer for pork from homozygous or heterozygous halothane negative animal. Meat Science Vol 58. pp. 247-251.

Van Putten , G. (1982). Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Curr. Topics Vet. Med. Anim. Sci. 18. Martinus Nijhoff, The Hauge.

Warkup, C.C. y Matthews, K.R. (1997) New meats: the potential of animal diets to change meat quality. MAFF Research, Bristol, UK. pp: 34-38.

Warris, P.D. (1987). Evaluation and control of meat quality in pigs. Martinus Nijhoff, The Hauge. Netherland.

Waites, W.M. (1998). Meat microbiology a reassessment. En: Developments in Meat Science, Vol. 4, pp. 317-333. Lawrie,R. (Ed.). Elsevier Applied Science, Londres, Inglaterra.

Webb, A.J.. (1987). Evaluation and control of meat quality in pigs. Martinus Nijhoff, The Hauge. Netherland.

Webb A.J., B. Grund N, y P. Kitchin. (1994). Within-litter effect of the Hal-1843 heterozigote on lean growth in pigs. Proceeding of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 17:421-424.

Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M. E., Crouse, J. D., Hunt, M. C. E., Klemm, R. D. (1990). Evaluation of attributes that affect Longissimus muscle tenderness in Bos taurus and Bos indicus cattle. Journal of Animal Science 68, v., p. 2716-2728.

Wood, J.D., Nute, G-R., Richardson, R.I., Whittington F.M., Southwood, O. (2002). Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. Meat Science No. 64, 651-657.

Wulf, D.M. y Page, J.K. (2000). Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef carcass quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting beef carcasses into palatability groups. *Journal of Animal Science* 78, pp. 2595–2607.

Zhang W. K.L. Kuhlert and W.E. Rempel. (1992). Halothane gene and Swine Performance. *J. Anim. Sci.* 70.-1307.

## 10. BIBLIOGRAFÍA:

Abascal, T, G. A. (1998). La Calidad de la Carne de Cerdo. Porcicultores y su Entorno. Año I, No. 3 pp 30. Mayo-Junio.

Alasnier C, G Gandemer. (2000). Activities of phospholipases A and lysophospholipases in glycolitic and oxidative skeletal muscles in the rabbit. Journal of the Science of Food & Agricultura No. 80. Sigue 6. pp 698-702.

Andersen HJ. (1999). What is Pork Quality?. In Proceedings of 50<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Zurich, Switzerland, 22-26<sup>th</sup> August.

Andersson L., A.L. Archibald, J. Gellin, L.B. Schook.. (1993). 1st Pig Gene Mapping Workshop (PGM 1), 7 August 1992, Interlaken, Switzerland. Animal Genetics 24:205-216.

Álvarez, M.I.I. Moreira, D.S., Wagner, L. (2001). Evaluación del porcentaje de colágeno total del bife angosto (músculo Longissimus dorsi) de bovinos machos castrados mestizos Nelore. Informe de Proyecto V/025/Veterinarias. Universidad Federal Minas Gerais. Belo Horizonte. MG. Brasil.

Andres AI, R Cava, AI Mayoral, JF Tejada, D Morcuende, J Ruiz. (2001). Oxidative Stability and fatty acid composition of pig muscle as affected by rearing system crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. Meat Science No. 59. pp 39-47.

Araujo de VC, De Padilla FC, Martin E. (1998). Fatty acid composition de beef and poultry fresh cuts, and some of their processed products. Arch. Latinoam. Nutr. Dec. 48(4): 354-358.

Archibald AL. and P. Imlah. (1985). The halothane sensitivity locus and its linkage relationships. Animal Blood Groups and Biochemical Genetics 16:253-263.

Asa, J., Von, S.G., Tornberg, E. (2003). Sensory quality and the incidence of PSE of pork in relation to corssbreed and RN phenotype. Meat Science No. 65, 651-660.

- A.O.A.C. (2000). Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. Ed. A.O.A.C.. Washington, D.C., U.S.A.
- B de M. (2002). Estadísticas Económicas de México. Sistema de Información de Estadística del Banco de México.
- Backus, G.B.C., Van Wagenberg, C.P.A. y Verdoes, N. (1998). Environmental impact on pig production. *Meat Science* 49, S65-S72.
- Barton G, P. (1997). In: *Manipulating Pig Production VI*. Ed. P.D. Cranwell. Australasian Pig Sci. Assoc. pp: 100-123.
- Benlloch, A. (1999). In: *New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat*. Ed. Fisher. New Jersey State University. USA
- Benito J, C. Vázquez, C. Menaya, J.L. Ferrara, J.M. Garcia-Casco, L. Sillio, J. Rodriguez y M.C. Rodríguez. (2000). Evaluation of the productive parameters in different strains of Iberian pig. In *CIHEAM (Eds), Tradition and Innovation in Mediterranean Pig Production*. ( Serie A. No. 41; pp. 113-121), Zaragoza.
- Bergman, I. y Loxley, R. (1963). Two improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline. *Anal. Chem.* 35: 1961.
- Blasco, A., P. Gou, M. Gispert, J. Estany, J. Soler, J. Tibau y A. Diestre. (1993). Comparison of five types of five crosses: I. Growth and carcass traits. *Livest. Prod. Sci.*
- Boleman, S.J., Miller, R.K., Buyck, M.J., Cross, H. R., y Savell, J.W. (1996). Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. *Journal of Animal Science*, V. 74, p. 2187-2194.
- Bonnet, M. & Kopp, J. *Bull. Techn.* (1986). CRZV Theix INRA. 60,25.

- Bosselmann, A., Möller, C., Steinhart, H., Kirchgessner, M., Schwarz, F. J. (1995). Pyridinoline cross-links in bovine muscle collagen. *Journal of Food Science*, v. 60, n. 5, p. 953-958,
- Brannaman, J.L., L.L. Christian, M.F. Rothschild and E.A. Kline. (1984). Prediction equations for estimating lean quantity in 15 - to 50-kg pigs. *J. Anim. Sci.* 59:991.
- Bray, R.W. (1966). Pork quality- definition, characteristics and significance. *J. Anim. Sci.* 25:839.
- Brening, B and G. Brem. (1992). Genomic organization and analysis of the 5' end of the porcine ryanodine receptor gene (*ryr1*). *FEBS letters.* 298:277-299.
- Bruas-Reignier, F., Brun-Bellut, J. (1996). Changes affecting the Longissimus dorsi, Triceps brachii caput longum and Rectus femoris muscles of young Friesian bulls during meat aging. *Meat Science*, v. 43, n. 3-4, p.335-344.
- Cameron, M. Enser, G.R. Nute, F.M. Whittington, J.C. Penman, A.C. Fisker, A.M. Perry and J.D. Wood. (2000), Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. *Meat Science* **55** 2 pp. 187–195.
- Cassens, R.G., F.J. Giesler and Q.E. Kolb (Eds.). (1972). *The Proceedings of the Pork Quality Symposium*. U.WI. Ext. pub. 72-0 Madison, WI.
- Cassens, R.G., D.N. Marple and G. Eikelenboom. (1975). Animal physiology and meat quality. In: C.O. Chichester, E.M. Mrak and G.F. Stewart (Eds.) *Advances in Food Research*, 21:71 Academic Press, New York, NY.
- Cassens, R.G. (1999). En: *New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat*. Ed. F.
- Chen C.M., Trout G.R., (1991). Color and its stability in restructured beef steaks during frozen storage: effects of various binders. *J. Food Sci.* 56, 1461-1464.

Coma J. y J. Piquer. (2000). Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Calidad de la Carne en Porcinos. Grupo Vall Company. FEDNA. España.

Cuarón I.J. M.A. Velázquez, L.J. Cervantes y M.A. Angeles. (1992). Propuesta para la clasificación de canales de cerdo en México. En: Desarrollo Porcícola. No. 3 pp 18-21.

Desmoulin, B. Qualité des carcasses. (1986) .En: Le porc et son élevage bases scientifiques et techniques. Ed: J.M. Pérez, P. Mornet y A. Rerat. Maloine. Francia. Pp 431-460.

Demos B.P., Gerrard D.E., Gao X., Tan J., Mandigo R.W., (1996). Utilization of image processing to quantitative surface metmyoglobin on fresh beef. Meat Science 43 (3-4), 265-274.

Demos B.P., Mandigo R.W. (1996). Color of fresh, frozen and cooked ground beef patties manufactured with mechanically recovered neck bone lean. Meat Science 42 (4), 415-429.

Des Raj. (1992). Teoría del Muestreo. Fondo de Cultura Económica S.A. de C.V. Ed. McGraw-Hill, México.

Devries, A.G., Faucitano, L., Sosnicki, A. y Plastow, G.S.. (1999). En: New Developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat. Ed. F. Toldrá y D.J. Troy. Fundación Vaquero, Spain. pp: 73-89.

Diestre A., J.A. Garcia-Macias, M.A.Oliver, A. Miguel, E. Esteve, P. Alonso, A. Muñoz y M. Gispert. (1993). The effect of slaughter weight and crossbred on pig carcass and meat quality traits. Proc. Of 39<sup>th</sup> ICMST. Calgary, Canadá..

Diestre, A. (1990). Informe de Estudios de Armonización de los Métodos de Clasificación de Canales Porcinas en la C.E.E. IRTA. Girona, España. Mimeógrafo.

Diestre, A. (1994). Criterios de la calidad de la canal y de la carne porcina en mataderos y su repercusión en la producción y la transformación. XVII Simposium de Ganadería Tropical.

- Retos actuales de la Porcicultura Tropical y Temas Selectos de Apicultura. Veracruz, Veracruz. pp 1-14. 24 de Junio.
- Diestre, A. (1994). Influencia del periodo antemortem sobre la mortalidad, el bienestar animal y la calidad en la producción porcina. XVII Simposium de Ganadería Tropical. Retos actuales de la Porcicultura Tropical y Temas Selectos de Apicultura. Veracruz, Veracruz. pp 31-38. 24 de Junio.
- Dransfield, E. (1977). Intramuscular composition and texture of beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 28, n. 9, p. 833-842,.
- Echard G., M Yearle, D. Milan, J. Gellin and A. L. Archibald. (1983). The gene Map of the Pigs (*Sus Scrofa doméstica L.*) 2N=38. In Stephen J. O'Brien (ed) *Genetic Maps, Locus Maps of Complex Genomes Book 4 Nonhuman Vertebrates Sixth Edition*. Cold Spring Harbor Laboratory Press. New York.
- Eggert JM, EB Sheiss, AP Schinckel, JC Forrest, AL Grant, SE Mills, BA Watkins. (1995). Effects of genotype, sex, slaughter weight, and dietary fat on pig growth, carcass composition, and pork quality. Department of Animal Sciences and Food Sciences, Purdue University.
- Eggert JM, E.B. Sheiss, A.P. Schinckel, J.C. Forrest, A.L. Grants, S.E. Mills, and B.A. Watkins. (1995). Effects of the halothane gene on muscle quality and carcass composition of pigs. Department of Animal Sciences and Food Sciences, Purdue University.
- Eikeleboom, G. (1988). Proc. Of the meeting "Pig carcass and meat quality". Univ. Di bologna, R. Regio Emilia, 2-3 June.
- Ellis M, Webb AJ, Avery PJ, Brown I. (1996). .The influence of terminal sire, genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and meat quality of pigs and the organoleptic properties of fresh pork. *J Anim. Sci.* 62:521-530
- Enfält Ann-Charlotte. (1997). Pig Meat Quality. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Science. Pp. 9-31.



Fabrega E, A Diestre, D Carrion, J Font, X Manteca. (2001). Impact of Halothane gene on pre-slaughter mortality in two Spanish pig commercial abattoirs. *Animal Welfare. Inform on meat quality of pigs* IRTA. Girona. Spain. November

Fabrega E, X Manteca, J Font, M Gispert, D Carrion, A Velarde, JI Ruiz- de-la-Torre, A Diestre. (2002). Effects of Halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. *Meat Science*. No 62. Sigue 4. December,

FAO-Stat. (2002). Estadísticas Agropecuarias. Sistema de Información Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Ferreira, V.L., Fernandes, S.V. y Yotsuyanagi, K. (1994). The colour of chicken and pork meat loaf with added cured bovine blood as evaluated by the Rab, Hunter. Lab, and CIE  $L^*a^*b^*$  and XYZ. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 34, 311- 322.

Fisher P, FD Mellet, LC Hoffman. (2000). Halothane genotype and pork quality. I. Carcass and meat quality characteristics of three Halothane genotypes. *Meat Science*. Vol No. 54. pp. 97-105.

Fisher, A.B., Green DM., Whittemore CT., Wood JD., Schofield CP. (2003). Growth of carcass components and its relation with conformation in pigs of three types. *Meat Science* No. 65, 639-650.

Freda HC. (2001). "Factores de riesgo cardiovasculares y nutrición". Department of Nutritional Science. Oklahoma State University. July.

Froysten, T. (1981). Porcine Stress and Meat Quality, causes and possible solutions to the problems. *Agric. Food Res. Soc.*, Aas, Norway.

Fujii J., K. Otsu, F. Zorzato, S. de Leon, V. K. Khanna, J.E. Weller, P.J. O'Brien and D.H. Mac Lennan (1991). Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor that is associated with malignant hyperthermia. *J. Anim Science*. 253:448-451.

- Galindo GJ. (2000). Calidad de la canal y la carne, de cerdos para abasto, asociada al Gen del Halotano. Tesis de Maestría. CUCBA-Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- Gandemer G. (2002). Lipids and Muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science* No 62. Issue 3. pp 309-321.
- Garcia-Macias JA, M Gispert, MA Oliver, A Diestre, P Alonso, A Muñoz-Luna, K Signes, D Cuthbert-Heavans. (1996). The Effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pig carcasses. *Animal Science* No. 63:487-493.
- Ganhe B. and R.K. Juneja. (1985). Prediction of the halothane (Hal) genotypes of pigs by deducing Hal, Phi, Po2, Pgd haplotypes of parents and offspring: results from a large-scale practice in Swedish breeds. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 16:265:283.
- Geesink G. H, F H Schreutelkamp, R Frankhuizen, H W Vedder, N M Faber, R W Kranen and M A Gerritzen. (2003). Prediction of pork quality attributes from near infrared reflectance spectra. *Meat Science*. Vol 65, No. 1. Pages 661-668. Sept.
- Gispert M, L Faucitano, MA Oliver, MD Guardia, C Coll, K Signes, K Harvey, A Diestre. A (2000). Survey of pre-slaughter conditions, Halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. I. *Meat Science* No. 55:97-106.
- Gispert, M. y Diestre, A. En: Jornada técnica: factores que afectan la eficiencia productiva y la calidad en el porcino Ed. IRTA, Vic, Barcelona. 1999
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M.A., Guardia, M.D., Siggins, K. y Harvey, K.. 2003. Survey of pre-slaughter conditions, Halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs . II. *Meat Sci*.
- Glodek P., J.N. Meyer and H.G. Brunken. (1985). Associations between marker genotypes,halothane reaction, creatine kinase activity and meat quality characters in a sample of German Landrace pigs. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 16:319-327..

- Gridale, B., M. Hayenga., H.C. Cross., L.L. Christian., D.J. Meisinger and R.G. Kauffman. (1984). Establishing practical guidelines for pricing market swine. *J. Anim. Sci.* 59:4 883-891.
- Guerrero, L.I. y Arteaga, M.R. (1990). *Tecnología de Carnes. Elaboración y Preservación de Productos Cárnicos*. Editorial Limusa, , México, D.F.
- Guerrero, I., Mendiola, R., Ponce, E. y Prado, A. (1995). Inoculation of lactic acid bacteria on meat substrates as a means of decontamination. *Meat Science* 40, 397-411.
- Hansson I., K. Lundstrom y B. Malmfors. (1975). Effect of sex and weight on growth , feed efficiency and carcass characteristics of pigs. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 5:69-80.
- Harbitz, I., T. Kristensen, M. Bosnes, S. Kran y W. Davies. (1992). DNA sequence of skeletal muscle calcium release channel cDNA and verification of the Arg615-Cys615 mutation, associated with porcine malignant hypertermia in Norwegian Landrace pigs. *Animal Genetics*, 23:395-402..
- Heermesch, S. (1997). En: *Manipulating Pig Production VI*. Ed. P.D. Cromwell. Australasian Pig Sci. Assoc. pp:82-90.
- Hill, F. (1965). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *The Agricultural Institute*, p. 161-166,
- Hoffman DM. (1994). What is Quality?. Definitions, measurement and evaluation of meat quality. *Meat Focus International*. No. 3:73-82.
- Honikel, K.O. (1987). Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Tarrant, P.V., eikeleboom, G. And Monin, G. (eds) *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 273-83.

- Houde A., S.A. Pommier and R. Roy. (1993). .Detection of the Ryanodine Receptor Mutation Associated with Malignant Hypertermia in Purebred Swine Populations. J. Anim. Sci. 71:1414-1418.
- IMNC A.C. (2003). México Calidad Selecta. Pliego de condiciones para el uso de marcas oficiales de carne de cerdo. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.. Mexico DF. Marzo.
- ISO-3496. (1978). Meat and meat products- Determination of L(-)-hidroxiprolina content (Reference Method) International Standard ISO-3496. Ref. No. ISO-3496-1978 (E)
- Johnson, L.P., M.F. Miller., K.D. Haydon and J.O. Reagan. (1990). The prediction of percentage fat in pork carcass. J. Anim. Sci. 68:4185-4192.
- Joo, S.T., Lee, J.I., Ha, I.L., Park, G.B. (2002). Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color and water holding capacity of pork loin. J. Anim.Sci. 80 (1), 108-112.
- Juncher D, B Ronn, ET Mortensen, P Henckel, A Karlsson, LH Skibsted, G Bertelsen. (2001). Effect of pre-slaughter physiological conditions of the oxidative stability of colour and lipid during chill storage on pork. Meat Science No. 58:347-357.
- Kallweit, E. (1981). Porcine Strees and Meat Quality, cuses and posible solutions to the problems. Agric. Food Res. Soc., Ass, Norway.
- King, D.A., Behrends, J.M., Jenschke, B.E., Rhoades, R.D., Smith, S.B. (2004). Positional distribution of fatty acids in triacylglycerols from subcutaneous adipose tissue of pigs fed diets enriched with conjugated linoleic acid, corn oil, or beef tallow. Meat Science No. 67, 675-681.
- Kolar, K. (1990). Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content in meat and meat products: NMKL collaborative studio. Journal Association Official Analitical Chemistry, v. 73, n. 1.

- Kouba, M., Enser, M., Whittington, F.M., Nute, G.R., Wood, J.D. (2003). Effect of a high linoleic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. *J. Anim Sci.* No. 81, 1967-1969.
- Krzywicki, K., 1979. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Science* 3 (1), 1-10.
- Lambooy E. Transport of pigs. In: T. Grandin. (2000). (Ed.), *Livestock Handling and Transport*. Pp. 275-297. Wallingford, UK: CAB International.
- López-Bote CJ. (1998). Sustained Utilization of the Iberian pig breed. *Meat Science*. No. 49: S17-S27.
- López, de T.G. & B.M. Carballo G. (1991). *Manual de Bioquímica y Tecnología de la Carne*. Ed. A. Madrid Vicente. Pp 15-35. Madrid, España.
- López de la M A, L Maya. (2001). Determinación de Ácidos Grasos por el Método de Trifloruro de Boro. *Manual de técnicas del Laboratorio de Síntesis Orgánica y Cromatografía del Instituto de Madera Celulosa y Papel*. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco.
- Mc Lennan. (1991). Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor that is associated with malignant hyperthermia. *Science*: 253:448-451.
- Mc Cormick, R. J. (1994). The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Science*, v. 36, n. 1 & 2 , p.79-91.
- Madrazo, V. A. (1998). Clasificación de Canales Porcinas. *Porcicultores y su Entorno*. Año I, No. 3. Pp. 8. Mayo-Junio.
- Mariani P., M. Johansson H. Ellegren, I. Harbitz, R.K. Juneja and L. Andersson. (1992). Multiple restriction fragment length polymorphisms in the porcine calcium channel gene (CRC): assignment to the halothane (HAL) linkage group. *Animal Genetics*, 23:257-262.

Mariscal, L. G. (1994). Alimentación y Calidad de la Canal .XVII Simposium de Ganadería Tropical. Retos actuales de la Porcicultura Tropical y Temas Selectos de Apicultura. Veracruz, Veracruz. pp 15-30 24 de Junio.

Mayes AL. (2003). Lípidos y ácidos grasos de importancia fisiológica. En Bioquímica de Harper. Editorial el manual Moderno.

Maw SJ, VR Fowler, M Hamilton, A M. (2003). Petchey Physical characteristics of pig fat and their relation to fatty acid composition. Meat Science. Vol. 63, No. 2. Pages 185-190. February

Mejía AA. (2002). Perfil de Ácidos Grasos en la Grasa Dorsal y Muscular de la pierna de las Cruzas de Cerdo Pelón Mexicano (Sus Scrofa) con razas comerciales. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Compostela, Nayarit. Agosto.

Mejía, G.C.A., B.M. Montaña, M.A. Velázquez y I.J.Cuarón. (1997). Predicción Ultrasonográfica del rendimiento magro en cerdos. Memorias de la Reunión Anual de Investigación Pecuaria en México. Veracruz, p. 56.

Mendizábal JA, V Goñi. (2001). Aplicaciones de la técnica de análisis de imagen en la determinación de la calidad de la canal y de la carne (Revisión). Invest. Agr.:Prod. Sanid. Anim. Vol. 16 (1), (PDF).

Michel G. and J.J.A. Heffron. (1982). Porcine Stress Syndromes. Advances in Food Research 28: 167-230.

Miller, R. K., Tatum, J. D., Cross, H. R., Bowling, R. A., Clayton, R. P. (1983). Effects of carcass maturity on collagen solubility and palatability of beef from grain-finished steers. Journal of Food Science, v. 48, p. 484-525.

Minor-Pérez H, E Ponce-Alquicira, S Macias-Bravo, I Guerrero-Legarreta. . (2002). Conservación de la carne fresca de cerdo por fermentación láctica: efecto sobre el color, la

textura y la formación de los ácidos grasos libres. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 1 pp. 73-80.

Mireles FS. (2003). Propuesta de un sistema de clasificación de canales de cerdo para el Estado de Jalisco. Tesis de Maestría. CUCBA-Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.

MLC. (1989) Stotfold Pig Development Unit.: First Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK.

MLC. (1992). Stotfold Pig Development Unit.: Second Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK.

MLC. (1998). Phase-feeding: Trial Report. Meat and Livestock Commisision, UK.

Moelich EI, LC Hoffman, PJ Conradie. (2003). Sensory and functional meat quality characteristics of pork derived from three halothane genotypes. *Meat Science* No. 63, Issue 3. pp. 333-338.

Montilva, M.J., Toldrá, F., Nieto, P. y Flores, J. (1993). Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham. *Food Chemistry* 48, 121-125.

Moss, B.W. (1984). European meeting of meat Research Workers. 30:20-21.

Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Petró, M.J., Antequera, T. (2004). Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science* No. 67, 299-307.

Murray A, W Robertson, F Nattress, A Fortin. (2001). Effect of Pre-slaughter overnight feed withdrawal on pig and carcass muscle quality. *Canadian Journal of Animal Science* No. 81:89-97.

Nicholas F.W. (1990). *Genética Veterinaria*. Editorial Acribia. 3a de. Zaragoza, España.

Nogera J. L., L. Alfonso, D. Babot, J. Estany and A. Sanchez. (1994). The effect of the Genotype in the Hal locus on economic traits in pigs. Proceeding of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 17:442-445.

Norman JL, E P Berg, H Heymann and C L Lorenzen. (2003). Pork loin color relative to sensory and instrumental tenderness and consumer acceptance. Meat Science. Vol. 65 No. 2. October 2003, Pages 927-933.

Núñez E, A Mejía. (2002). Determinación de Ácidos Grasos por el Método de Trifloruro de Boro, y Mioglobina y Metamioglobina por espectrofotometría. Manual de Técnicas del Laboratorio de Síntesis Orgánica y Cromatografía del Instituto de Madera Celulosa y Papel. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. Universidad de Guadalajara. (Modificación; sin publicar). Zapopan, Jalisco.

NPPC. (2000). Pork composition and quality assessment procedures. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

O'Brien P.J.. (1986). Porcine malignant hyperthermia: Anormal  $Ca^{2+}$  homeostasis by muscle sarcoplasmic reticulum. Isr.J. Vet. Med. 42:245-252.

O'Brien P.J., H. Shen, R. Cory and X. Zhang. (1993). Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) in 10,000 breeding swine. JAVMA 203:842-851.

Oliver, M.A., M. Gispert, A. Diestre. (1993<sup>a</sup>). The effects of breed and halothane sensitivity on pig meat quality. Meat Science 35:105-118..

Oliver, M.A., M. Gispert, A. Diestre. (1990). Estudio del pH de los músculos Longissimus dorsi y Semimembranosus en canales porcinas comerciales. Met. Vet. 5 (1): 45-49.

Orcutt, M.W., J.C. Forrest., M.D. Judge., A.P. Shinckel and C.H Huei. (1990). Practice means for estimating pig carcass composition. J. Anim. Sci. 68:3987-3997.



- Osborne, H.M., Brown, H., Adams, J.B., Ledward, D.A. (2003). High temperature reduction of metmyoglobin in aqueous muscle extracts. *Meat Science* No. 65, 631-637.
- Otsu, K., VK. Khanna, A.L. Archibald and D.H. Mac Lennan. (1991). Cosegregation of porcine malignant hyperthermia and a probable causal mutation in the skeletal muscle ryanodine receptor gene in backcross families. *Genomics*. 11:744-750.
- Pérez D D y Andujar R G. (2000). Cambios de coloración de los productos cárnicos. *Rev Cubana Aliment Nutr*;14(2):114-23
- Picard AM, Andersen JH. (1994). Genetic parameters of beef production and meat quality traits of young charolais bulls progeny of divergently selected sires. *Meat Science*, 36: 333-343.
- Pirchner F. (1983). *Population genetics in Animal Breeding*. Plenum Press, New York.
- Pommier S.A., A- Houde, F. Rousseau and Y. Savoie. (1992). The effect of the malignant hyperthermia genotype as determined by a restriction endonucleas assay on carcass characteristics of comercial crossbred pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 72:973-976.
- Porkworld. (2003). *World Economics Statistics*.
- Poulanne, E. And D.I Demeyer. (1992). *Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors*. Papers presented at an OECD workshop in Helsinki, Finland. June 8-10.
- Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H. (1994). *Tecnología e higiene de la carne*. Editorial Acribia. 1994. p. 138; 723; 762.
- Price FJ y BS Schweigert. (1994). *Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Riley, P.A. Enser, M., Nute, G.R., Word, J.D., (2000). Effect of dietary linseed on nutritional value and other quality aspects of pig muscle and adipose tissue. *J. Anim. Sci.* No. 71, 483-500.

Rodbotten R, Mevik BH y Hildrum, K.I. (2001). Prediction and classification of tenderness in beef from non-invasive diode array detected NIR spectra. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 9, pp. 199–210.

Rodbotten R., Nilsen, B.N. and Hildrum, K.I. (2000). Prediction of beef quality attributes from early post mortem near infrared reflectance spectra. *Food Chemistry* 69, pp. 427–436.

Rodwell D. (2003). Anatomofisiología y Metabolismo del músculo esquelético. En *Bioquímica de Harper*. Editorial el Manual Moderno.

Rohrer G.A., L.J.Alexander, J.W. Keele, T.P. Smith and C.W. Beattie. (1994). A Microsatellite Linkage Map of the Porcine Genome. *Genetics* 136.-231-245.

Rook A.J. and M. Ellis. (1987). Relationship between body chemical composition, physically dissected carcass part and backfat measurements in pigs. *Anim. Prod.* 44:263-273.

Sagarnaga M, J Valencia, C Ramos, J Ma. Salas. (1999). Impacto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en el Sector Porcícola Mexicano. *Memorias Congreso Nacional de Porcicultura*. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

SAGARPA. (2001, 2002 y 2003). .Estadísticas Agropecuarias. Sistema Estadístico de Información Agropecuaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Sánchez Ch. D.R. (2000). Comportamiento Productivo de Líneas Genéticas Terminales, con especial énfasis al Gen del Halotano. Tesis de Maestría. CUCBA-Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.

SAS Institue. (2000). *User's Guide: Statistics, Version 5 Edition*. CARY, N.C., SAS Institute Inc.

Sather A.P., S.D.M. Jones, A.K.W. Tong, and C. Murray. (1991). Halothane genotype by weight interactions on pig meat quality. *Can. J. Anim. Sci.* 71:645-658.

Schilling, M.W., Mink, L.E., Gochenour, P.S., Marriot, N.G., Alvarado, Z.C. (2003). Utilization of pork collagen for functionally improvement of boneless cured ham manufactured form pale, soft and exudative pork. *Meat Science* No. 65, 547-553.

SECOFI. (2003). Norma Mexicana NMX-FF-081-SCFI-2003. Productos Pecuarios-Carne de Porcino en Canal-Calidad de la Carne (Cancela a la NMX-FF-081-1993-SECFI).

SEIJAL. (2002). Estadísticas agropecuarias. Sistema Estatal de Información Estadística del Estado de Jalisco.

Sellier, P. y Monin, G. J. (1994). *Muscle Foods* 5: 187-219. 1994

Shields, R.G. Jr., D.C. Mahan y P.L. Graham. (1983). Changes in swine body composition in from birth to 145 Kg. *J. Anim. Sci.* 57:43.

SIACON. (2002). Estadísticas Agropecuarias. Sistema de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA.

Simpson S. P. and A. J. Webb. (1989). Growth and Carcass performance of British Landrace pig Heterozygous at halothane locus. *Anim. Prod.* 49:503-509.

SNIM. (2003). Dinámica de precios del cerdo en México. Sistema Nacional de integración de Mercados. Secretaria de Economía.

Spencer, G.S.G., L.J. Wilkins and K.G. Hallet. (1984). Pork Meat Quality. Proc. European meeting of meat Research Workers. 30:15-16.

Stanton, C., Light, N. (1990). The effects of conditioning on meat collagen: part 3 - evidence of proteolytic damage to endomysial collagen after conditioning. *Meat Science*, v. 27, p. 41-54.

Stryer, L. (1995). (1995). *Biochemistry of meat*. Biochemistry. 4ta. ed. New York: p. 31-32.

- Swatland H.J. (1995). Video Image Analysis. En: On-Line evaluation of meat. Technomic Publishing Company, Inc. USA. pp. 271-290.
- Tadeusz K y R.R Kraeling. (1986). Susceptibilidad al estrés, metabolismo del músculo postmortem y calidad de la carne de cerdo después de la modificación del volumen del fluido vascular y extramuscular. J. Anim. Sci. 1986.62:646-659.
- Toldrá y D.J. Troy. (1999). Parámetros objetivos en la evaluación de la carne de cerdo. Fundación Vaquero, Spain. pp: 1-8.
- Toldrá y D.J. Troy . (1999). La carne de cerdo para la elaboración de curados. Fundación Vaquero, Spain. pp: 185-200
- Turner M.J.B., Benson J.A., Hanley M., Hartwell. (1998). Automatic weight monitoring of pigs-Part 1: Trials of prototype weigh platforms. Divisional Note DN 1459, AFRC Inst. Engng. Res., Silsoe.
- URPJ. (2003). Inventario Porcino y de explotaciones porcícolas en el Estado de Jalisco. Unión Regional de Porcicultores de Estado de Jalisco.
- USDA. (1998). International Agricultural Baseline Projections to 2007. Economic Research Service. Agricultural Economics Report No. 767, August.
- USDA. (2001). Pig Inventory and customer consume in countries of the world. Foreign Agricultural Service. Agricultural Economics Report No. 791, December.
- USDA. (2002). Composition of Foods - Raw, Processed, Prepared. USDA Human Nutrition Information Service. Series 8-5 No. FS/N-003. Enero.
- Van Der Stuyft E., Schofield C.P., Randall J.M., Wambacq P., Goedseels V. (1991). Development and application of computer vision systems for use in livestock production. Computers and Electronics in Agriculture 6, 243-265.

Van Logtestijn, J.G., A.M.T.C. Romme and E. Eikeleboom. (1982). Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Curr. Topics Vet. Med. Anim. Sci. 18. Martinus Nijhoff, The Hauge. Netherland.

Van Oeckel MJ, N Warnants, ChV BouecqueP Delputte y J Depuydt. (2001). The preference of the consumer for pork from homozygous or heterozygous halothane negative animal. Meat Science Vol 58. pp. 247-251.

Van Putten , G. (1982). Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Curr. Topics Vet. Med. Anim. Sci. 18. Martinus Nijhoff, The Hauge.

Warkup, C.C. y Matthews, K.R. (1997) New meats: the potential of animal diets to change meat quality. MAFF Research, Bristol, UK. pp: 34-38.

Warris, P.D. (1987). Evaluation and control of meat quality in pigs. Martinus Nijhoff, The Hauge. Netherland.

Waites, W.M. (1998). Meat microbiology a reassessment. En: Developments in Meat Science, Vol. 4, pp. 317-333. Lawrie,R. (Ed.). Elsevier Applied Science, Londres, Inglaterra.

Webb, A.J.. (1987). Evaluation and control of meat quality in pigs. Martinus Nijhoff, The Hauge. Netherland.

Webb A.J., B. Grund N, y P. Kitchin. (1994). Within-litter effect of the Hal-1843 heterozigote on lean growth in pigs. Proceeding of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 17:421-424.

Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M. E., Crouse, J. D., Hunt, M. C. E., Klemm, R. D. (1990). Evaluation of attributes that affect Longissimus muscle tenderness in Bos taurus and Bos indicus cattle. Journal of Animal Science 68, v., p. 2716-2728.

Wood, J.D., Nute, G-R., Richardson, R.I., Whittington F.M., Southwood, O. (2002). Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. Meat Science No. 64, 651-657.

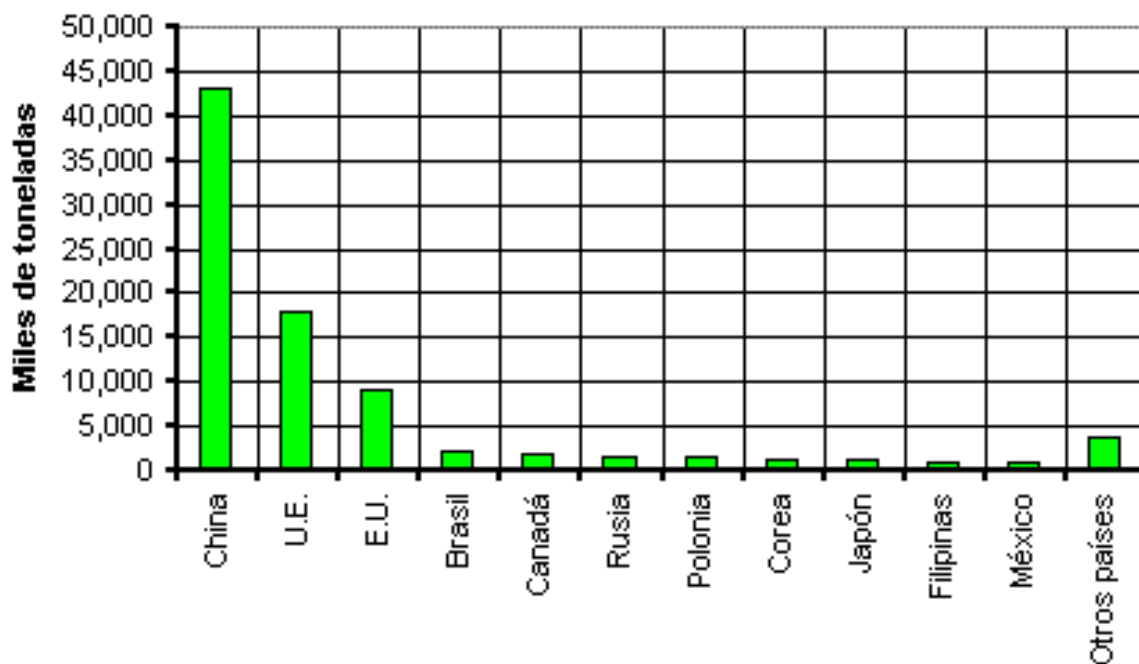
Wulf, D.M. y Page, J.K. (2000). Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef carcass quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting beef carcasses into palatability groups. *Journal of Animal Science* 78, pp. 2595–2607.

Zhang W. K.L. Kuhlert and W.E. Rempel. (1992). Halothane gene and Swine Performance. *J. Anim. Sci.* 70.-1307.

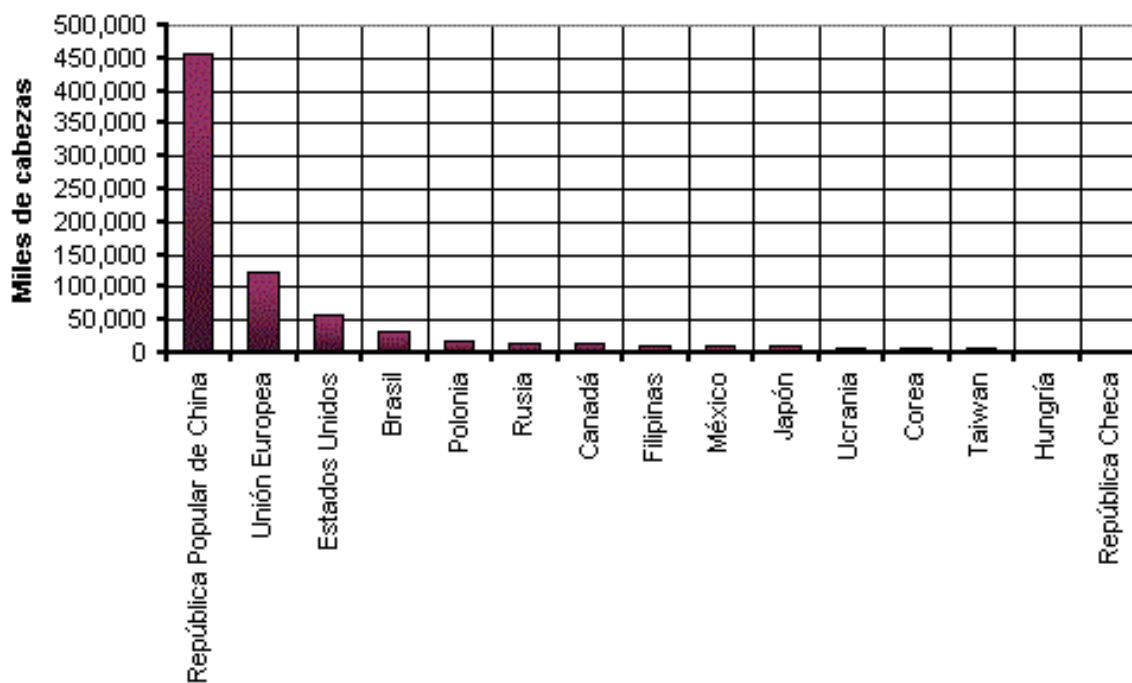
## 11. ANEXOS

### ANEXO No. 1. Importancia de la porcicultura

Principales países productores de carne de cerdo en el 2002 (Fuente: Porkworld, 2003)

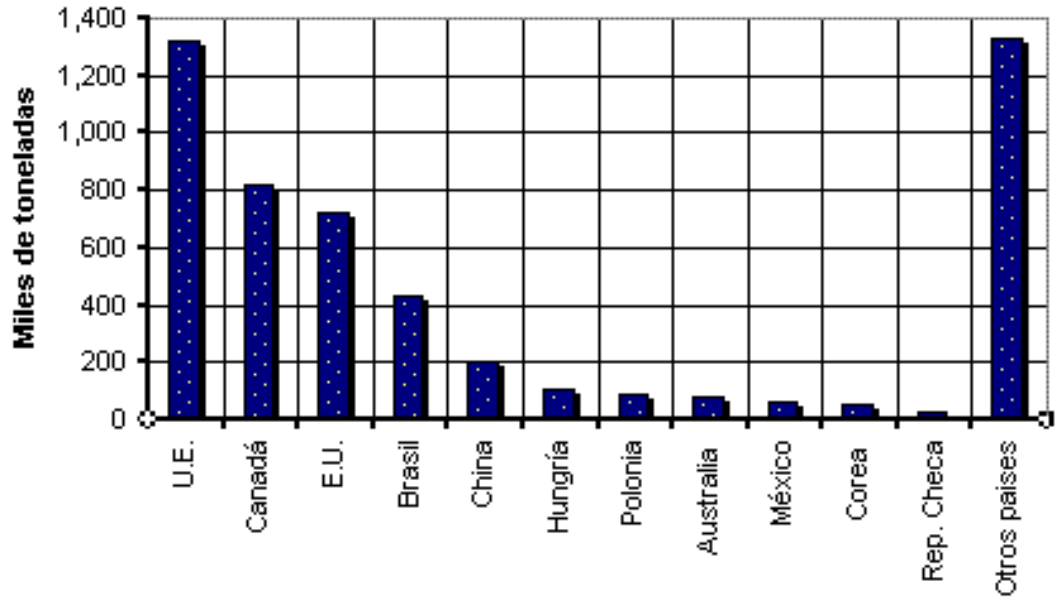


### Inventario porcino de los principales países productores de cerdo (2001)



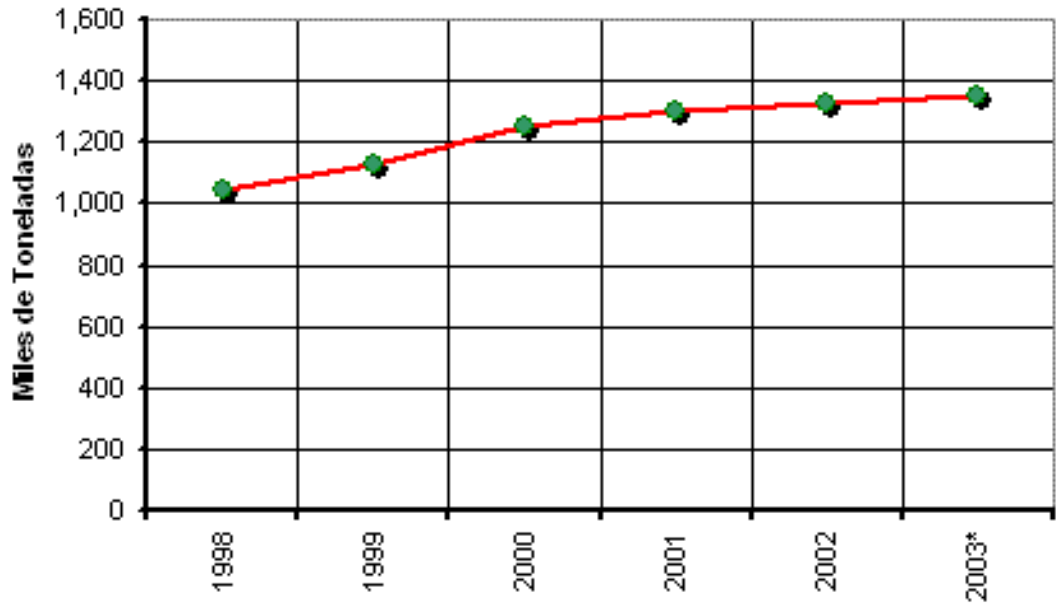
Fuente: USDA Foreign Agricultural Service, 2002

**Principales países exportadores de carne de cerdo en el mundo (2002)**



*Fuente: Porkworld, 2003*

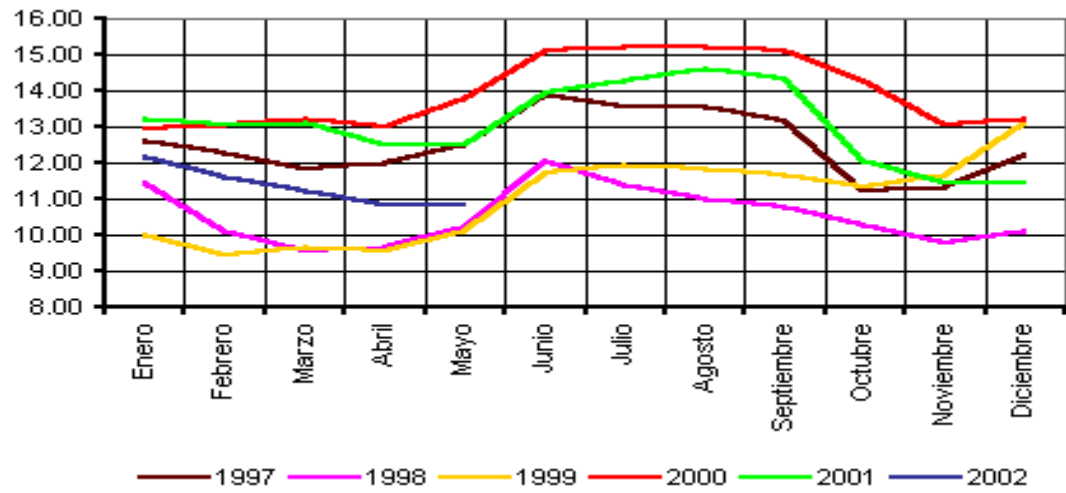
**Consumo de carne de cerdo en México(1998-2003)**



*Fuente: FAO 2003*



**Comportamiento mensual del precio (\$/kg) del cerdo en México  
(1997-2002)**

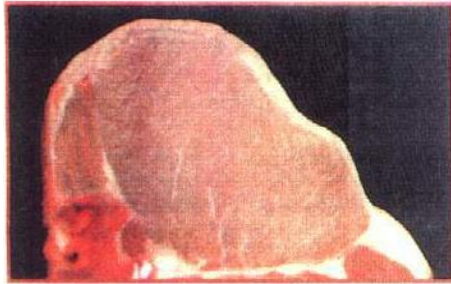


*Elaborado con datos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados 2003*

## ANEXO No. 2. RANGOS DE COLORACION PARA CARNE DE CERDO COLOR SCORES



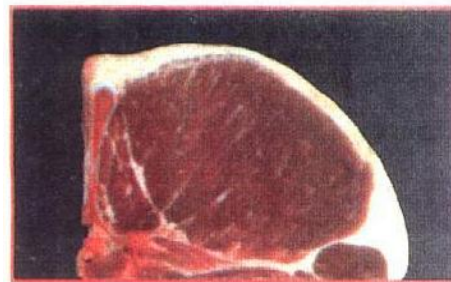
**1\***  
Pale  
Pinkish Gray



**2**  
Grayish Pink



**3**  
Reddish Pink



**4**  
Purplish Red



**5\***  
Dark  
Purplish Red

**ANEXO No. 3. RANGOS DE FIRMEZA RELACIONADOS CON LA CAPACIDAD DE  
RETENCION DE AGUA EN CARNE DE PORCINO  
FIRMNESS/WETNESS SCORES**



**1\***

Very Soft  
and Very Watery



**2\***

Soft  
and Watery



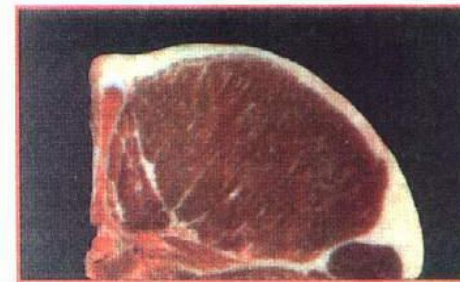
**3**

Slightly Firm  
and Moist



**4**

Firm and  
Moderately Dry



**5**

Very Firm  
and Dry

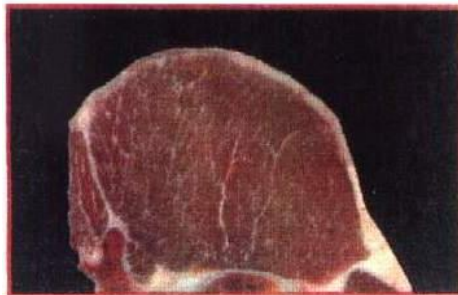
**ANEXO No. 4. RANGOS DE MARMOLEO EN CARNE DE CERDO  
MARBLING SCORES**



**1\***  
Devoid to  
Practically  
Devoid



**2**  
Traces to  
Slight



**3**  
Small to  
Modest



**4**  
Moderate to  
Slightly  
Abundant



**5\***  
Moderately  
Abundant  
or Greater

## ANEXO No. 5 Representación esquemática del complejo hemo de la Mioglobina

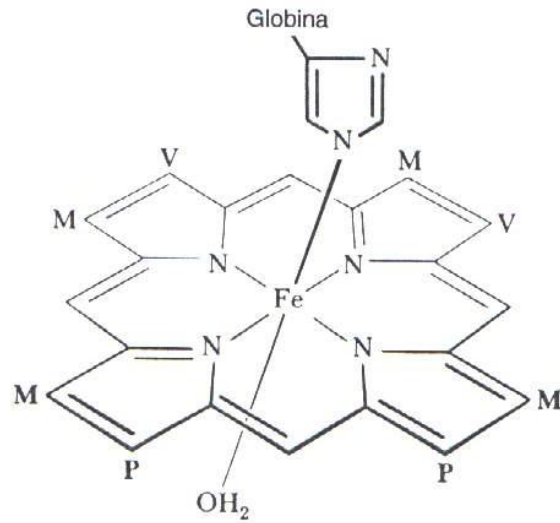


Figura 3.4.  
Representación esquemática del complejo hemo de la mioglobina

## Anexo No. 6. Espectro de absorción de las formas más comunes de mioglobina en el tejido muscular fresco.

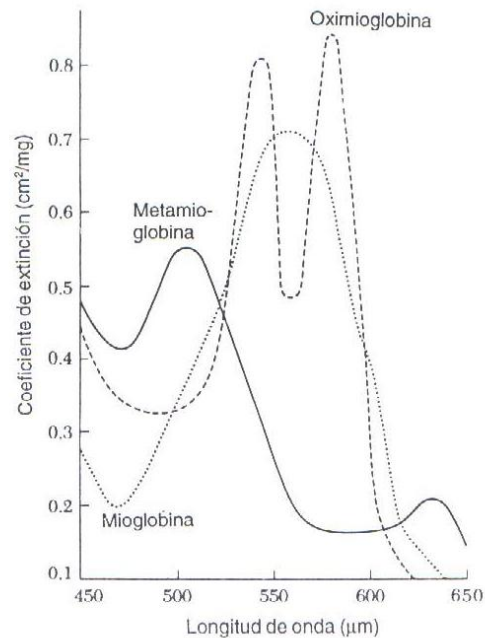


Figura 3.5.  
Espectro de absorción de las formas más comunes de mioglobina en el tejido muscular fresco. El espectro de la oximioglobina es típico de todos los complejos coordinados covalentes de los elementos hemo.

**Anexo No. 7. Resumen de los principales parámetros y métodos para evaluar la calidad de la canal.**

<b>PARAMETROS CUANTITATIVOS</b>	<b>METODO</b>	<b>FORMA DE MEDICION</b>
* Rendimiento en pie		Cálculo a partir del peso vivo en canal
* Conformación	Visual	Observación de la canal y comparación con escalas establecidas
* Grasa Dorsal	A) Regleta B) Ultrasonido	Medición de la grasa en el corte a nivel a 7 cm. De la línea media a altura de la 10 <sup>a</sup> costilla en la canal Medida de animales vivos y en canal en dos puntos: 1.- A la altura de la vértebra lumbar 2.- A 7cm. De la línea media a la altura de la 10 <sup>a</sup> costilla
* Area del ojo de la chuleta	Matriz	Área de la chuleta entre la 10 <sup>a</sup> y 11 <sup>a</sup> costilla  Medición a 7sm de la línea media a la altura de la 10 <sup>a</sup> costilla de los animales vivos y en canal.
* Profundidad del área del ojo de la chuleta	Ultrasonido A) Fórmula	Ecuación que incluye peso en canal, grasa dorsal y área del ojo de la chuleta Relación de peso vivo, grasa y profundidad del área de la chuleta.
% de Carne magra	B) Ultrasonido.	
Textura	Tacto y visual (Grupo 2)	Observación de la consistencia del tejido en el ojo de la chuleta
Marmoleo	Visual (Grupo 2)	Comparación directa de la grasa entreverada en el músculo en el ojo de la chuleta
Color	Visual (Grupo 2)	Comparación directa con muestras en el área del ojo de la chuleta.

Fuente: IMNC; Pliego de condiciones para el uso de marcas oficiales de la carne de cerdo. México Calidad Selecta. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. Marzo, 2003.

**ANEXO No. 8. CERTIFICADO STANDARD COMERCIAL PARA PERFIL DE ACIDOS GRASOS EN GRASA DE CERDO**

**CERTIFICADO DE COMPOSICIÓN STANDARD DE ÁCIDOS GRASOS**

ANALYTE	CAS NO.	PURITY(1)	WEIGHT% (2)	SUPELCO LOT NO.
- LINOLELAIDIC ACIDMETHIL ESTER	2566-97-4	99.9	2.000	LA85511
- METHIL MIRISTATE	124-10-7	99.9	4.001	LA90436
- METHIL PALMITATE	112-39-0	99.9	10.001	LA50999
- METHIL STEARATE	112-61-8	99.9	6.002	LA90606
- METHIL BEHENATE	929-77-1	99.3	2.003	LA66648
- CIS-9-OLEIC METHIL ESTHER	112-62-9	99.9	24.999	LA95255
- METHIL ARACHIDATE	1120-28-1	99.9	2.000	LA86138
- TRANS-9-ELAIDIC METHIL ESTHER	2462-84-2	99.9	10.000	LA60932
- METHIL LINOLENATE	301-00-8	99.5	4.999	LA89222
- METHIL LINOLEATE	112-63-0	99.9	33.995	LA86369

(1) Determined by GC-FID unless otherwise noted.

(2) Weight percent of analyte, calculated by using analyte weights. The total may not equal 100% due to rounding. Weight concentrations may not remain stable after opening, even if resealed.

Nist-Traceable weights are used to verify balance calibration with the preparation of each lot.

**Anexo No. 9 Tiempo de retención**

<b><u>Acido graso</u></b>	<b><u>Tiempo de retención (aparición en minutos)</u></b>
Mirístico	12.30
Palmítico	14.2
Esteárico	16.3
Oleico	16.37
Linoléico	17.17
Linoléidico	17.7
Araquidónico	18.10
Behénico	19.7

## ANEXO No. 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL,

### General Linear Models Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
SEXO	2	H M
GENHAL	3	NN Nn nn

Number of observations in data set = 324  
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: MATSECA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	14.86908908	3.71727227	10.65	0.0001
Error	84	29.33180980	0.34918821		
Corrected Total	88	44.20089888			
	R-Square	C.V.	Root MSE	MATSECA Mean	
	0.336398	2.271891	0.590921	26.0101124	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SEXO	1	0.74182129	0.74182129	2.12	0.1487
GENHAL	2	13.67407769	6.83703884	19.58	0.0001
SEXO*GENHAL	1	0.02263214	0.02263214	0.06	0.7997

Dependent Variable: HUMEDAD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	14.86908908	3.71727227	10.65	0.0001
Error	84	29.33180980	0.34918821		
Corrected Total	88	44.20089888			
	R-Square	C.V.	Root MSE	HUMEDAD Mean	
	0.336398	0.798652	0.590921	73.9898876	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SEXO	1	0.74182129	0.74182129	2.12	0.1487
GENHAL	2	13.67407769	6.83703884	19.58	0.0001
SEXO*GENHAL	1	0.02263214	0.02263214	0.06	0.7997

Dependent Variable: PROTCRU

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	10.28739325	2.57184831	6.86	0.0001
Error	84	31.50159551	0.37501899		
Corrected Total	88	41.78898876			
	R-Square	C.V.	Root MSE	PROTCRU Mean	
	0.246175	2.821626	0.612388	21.7033708	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SEXO	1	0.01265975	0.01265975	0.03	0.8547
GENHAL	2	10.13142798	5.06571399	13.51	0.0001
SEXO*GENHAL	1	0.00000115	0.00000115	0.00	0.9986

Dependent Variable: GRASCRU

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	2.58719551	0.64679888	3.58	0.0096



Error	84	15.17168090	0.18061525		
Corrected Total	88	17.75887640			
	R-Square	C.V.	Root MSE	GRASCRU Mean	
	0.145685	45.51622	0.424989	0.93370787	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SEXO	1	0.15969847	0.15969847	0.88	0.3498
GENHAL	2	1.93312669	0.96656334	5.35	0.0065
SEXO*GENHAL	1	0.31045245	0.31045245	1.72	0.1934

Dependent Variable: CENIZAS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.03829707	0.00957427	2.51	0.0480
Error	84	0.32080405	0.00381910		
Corrected Total	88	0.35910112			
	R-Square	C.V.	Root MSE	CENIZAS Mean	
	0.106647	4.968470	0.061799	1.24382022	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SEXO	1	0.00398157	0.00398157	1.04	0.3102
GENHAL	2	0.00960103	0.00480052	1.26	0.2898
SEXO*GENHAL	1	0.01761435	0.01761435	4.61	0.0346

Dependent Variable: ELN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	1.39208901	0.34802225	1.32	0.2707
Error	84	22.21195594	0.26442805		
Corrected Total	88	23.60404494			
	R-Square	C.V.	Root MSE	ELN Mean	
	0.058977	24.15097	0.514226	2.12921348	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SEXO	1	0.26120628	0.26120628	0.99	0.3231
GENHAL	2	0.75471424	0.37735712	1.43	0.2458
SEXO*GENHAL	1	0.29217901	0.29217901	1.10	0.2962

**ANEXO No. 11. CUADROS DE SALIDA PARA ANÁLISIS DE CORRELACIÓN SIMPLE PARA EL ANALISIS QUIMICO PROXIMAL**

Cuadro de correlación simple

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 324

	MATSECA	HUMEDAD	PROTCRU	GRASCRU	CENIZAS	ELN
MATSECA	1.00000 0.0	-1.00000 0.0	0.45086 0.0001	0.77416 0.0001	0.14572 0.1730	0.07906 0.4614
HUMEDAD	-1.00000 0.0	1.00000 0.0	-0.45086 0.0001	-0.77416 0.0001	-0.14572 0.1730	-0.07906 0.4614
PROTCRU	0.45086 0.0001	-0.45086 0.0001	1.00000 0.0	0.03083 0.7743	-0.00339 0.9748	-0.73993 0.0001
GRASCRU	0.77416 0.0001	-0.77416 0.0001	0.03083 0.7743	1.00000 0.0	0.22514 0.0339	0.12320 0.2501
CENIZAS	0.14572 0.1730	-0.14572 0.1730	-0.00339 0.9748	0.22514 0.0339	1.00000 0.0	-0.11470 0.2845
ELN	0.07906 0.4614	-0.07906 0.4614	-0.73993 0.0001	0.12320 0.2501	-0.11470 0.2845	1.00000 0.0